ISSN 0022-4847

台灣農業研究

第五十六卷　　第三期

研究報告

東方果實蠅小面積區域防治模式研究(一)蓮霧園之測試
江明耀、高靜華、黃毓斌、鄭允、李木川……153

肥培管理對薑黃產量及薑黃素含量之影響
高瑞隆、余志儒、陳琦玲、李豔琪、謝廷芳、胡敏夫……165

利用微衛星序列作為台灣落花生栽培種DNA分子標誌
陳哲仁、楊金興、曾東海、鄭統隆、吳明哲……176

蒸煮方式和乾燥復水對落花生果實化學成份及質地之影響
蔡淑珍、吳宗諺、楊金興、劉慧瑛、廖慶樑……189

氣調貯藏對高熱度採收高接‘新興’梨貯藏品質之影響
黃肇家、黃慧穗、蔡金玉、張素貞……206

拔蕉 (*Musa balbisiana* L. A. Colla) 台灣新歸化野生香蕉
邱輝龍、李淑英、葉慶龍、許圳塗、葉川榮……215

利用葉綠素螢光估算作物葉片之光合作用
姚銘輝、陳守泓、漆匡時……224

樹皮作為蝴蝶蘭栽培介質之評估
張耿衡、蔡隆禾、吳容儀、戴廷恩、謝廷芳……237

中華民國九十六年九月
行政院農業委員會農業試驗所出版
中華民國 台灣 台中縣 霧峰鄉

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 56(3):153-164 (2007)

東方果實蠅小面積區域防治模式研究（一）蓮霧園之測試[1]

江明耀[2] 高靜華[2,4] 黃毓斌[2] 鄭允[2] 李木川[3]

摘 要

江明耀、高靜華、黃毓斌、鄭允、李木川。2007。東方果實蠅小面積區域防治模式研究（一）蓮霧園之測試。台灣農業研究 56:153-164。

「區域防治」理論發展多年，在蟲害防治上亦有許多成功的案例，但鮮少針對其必要條件有明確的定義。本研究透過實際之測試驗證「區域防治」理論在小面積防治東方果實蠅 (*Bactrocera dorsalis* (Hendel)) 的可行性，並探討「區域防治」可行的必要條件。經在嘉義縣梅山鄉圳南村 200 公頃之蓮霧果園進行兩年的測試，發現在經濟利益的誘因下，透過具有相同目標的防治組織，運用甲基丁香油誘雄、含毒食物誘餌滅雌及清園等防治措施，結合空照圖與 3D 虛擬軟體之高科技技術規劃田間果實蠅監測點，並隨時主動調整策略，可將果實蠅密度降低 50%以上。2005 及 2006 年測試區之整體收益較 2004 年增加 402 萬及 945 萬台幣。2007 年進行之問卷調查顯示，農民對於「區域防治」策略應用及成果十分肯定，深覺可有效減少用藥及增加收益。此項田間測試證實，只要具備健全的農民組織、完善的規劃及有效的防治技術，東方果實蠅小面積區域防治確屬可行，相關的經驗模式與內容可供擬進行區域防治之鄉鎮參考。

關鍵詞：東方果實蠅、區域防治、蓮霧、小面積防治模式。

前 言

「區域防治」的概念由 Knipling (1979) 提出，經過 20 餘年的發展，理論更趨完整與成熟。Lindquist (2000) 在比較「區域防治」與「傳統防治」的異同時，提出「區域防治」的定義為：在相對廣大的區域，一群種植相同或相似作物的生產者防治相同的重要害蟲。其前提為具有共同的目標並針對特定的主要害蟲。而影響區域防治能否成功的要素有：(1) 具有共同目標的生產群體；(2) 有健全的組織；(3) 有長期且主動的工作計畫；(4) 運用科技的方法；(5) 有對環境的考量。

夏威夷自 2000 年起針對瓜實蠅 (*Bactrocera cucurbitae* (Coquillett)) 試辦區域防治，確認可有效降低瓜實蠅密度，並減少農藥的使用，近幾年也著手地中海果實蠅 (*Ceratitis capitata Wiedemann*) 及東方果實蠅 (*Bactrocera dorsalis* (Hendel)) 之區域防治測試 (Mau *et al*. 2003; Vargas *et al*. 2006)。我國則於 2001 年起與美國夏威夷的果實蠅研究團隊密切交流，經由執行台美農業科技合作計畫引

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2291 號。接受日期：96 年 07 月 2 日。
2. 本所應用動物組助理研究員、副研究員、助理研究員及研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局 植物防疫組病蟲害管理科科長。台灣 台北市
4. 通訊作者，電子郵件：chkao@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23309097。

進此一觀念，以促進東方果實蠅防治工作的現代化 (Cheng *et al*. 2000)。至 2005 年止，台東釋迦產區的區域防治示範面積漸擴增至 15,000 公頃，台灣西岸 14 個示範區的面積也超過 10,000 公頃，防治區內外東方果實蠅密度差可達 3-10 倍 (Cheng *et al*. 2002, 2003, 2004, 2005)。

蓮霧爲台灣的重要水果，其中又以屏東地區供應之冬、春兩季蓮霧最著名（12 月至隔年 5 月）；宜蘭地區蓮霧產期則爲春末至初夏（5 至 8 月），夏季後期 8 至 11 月均非蓮霧之產期 (Cheng *et al.* 2000)。嘉義縣梅山鄉圳南地區自 2001 年起利用遮陽方式進行產期調節，已成爲本省 8 至 11 月間少有之蓮霧產地，2004-2005 年圳南銷往台北市之總量超越宜蘭 (Taipei Agricultural Products Marketing Cooperation, 1996-2005)，因量少價高，故極具經濟價值。惟此一產期正逢高溫及水果盛產，也是東方果實蠅大量繁衍的季節，極易對寄主水果如蓮霧造成危害，嚴重時可達全無收成之地步。2005 年圳南地區蓮霧產銷班要求協助辦理東方果實蠅的防治，經農業試驗所初步勘查，發現蓮霧爲圳南地區單一且最大宗之水果，東方果實蠅之其他水果寄主稀少且分布零散，距鄰近果樹栽培區亦甚遠，隔離條件良好，符合在一特定區域種植相同作物且防治相同重要蟲害的前提，適合進行區域防治測試。

本研究藉由實際測試 Lindquist (2000) 提出之區域防治理論，驗證此概念是否適用於台灣小面積的果園經營型態，由於圳南地區已具備 Lindquist 所稱之「區域防治」要素，但面積僅約 500 公頃，相對於果實蠅之移動能力而言屬小範圍。故以「小面積」的方式辦理，亦即全無設置「緩衝帶」，以全面防治之方式進行規劃，工作內容則包含密度監測、滅雄、食物誘殺及果園清潔（含果實套袋）等措施。

材料與方法

防治區地理資訊及栽培生產概況

嘉義縣梅山鄉圳南村（圖 1）海拔高度介於 250-1,305 m，涵蓋低海拔至中海拔地帶，地形落差超過 1,000 m。外圍由海拔約 1,000-1,300 m 的山脈環繞，以東北角的大尖山最高 (1,305 m)，往西南方延伸依序爲二尖山 (1,279 m)、馬鞍山 (1,265 m)、梨子腳山 (1,176 m) 及太平山 (968 m)。南北面分別以九芎坑溪及倒孔溪爲界，地勢以倒孔溪河谷最低 (250 m)，形成獨立的山谷地型。其中海拔 600 m 以下呈東西走向的平緩山坡地，爲主要的蓮霧栽培區。本區果樹以蓮霧爲主要之栽培作物，栽培面積所佔比例爲 95.2%，其次爲龍眼 2.9%及柑橘 1.9%（圖 2），約佔全區栽培面積的二十分之一，龍眼及柑橘僅零星分布於海拔 300-600 m 間。1993 年之前當地蓮霧產期以 6 月到 8 月爲主，經農民應用黑色遮陽網進行產期調節，近五年來產期調整至 8 月到 11 月。在雨量充足水源無虞並配合套袋及管理，果品色澤及甜度大爲提高，每公斤平均價格由原先 20 元竄升至 200 元，最高價格可達每公斤 480 元，成爲高經濟效益之作物，任何有利於蓮霧栽培管理之活動，農民均因經濟利益誘因而積極參與。

農民組織與工作規劃

圳南地區之區域防治工作組織由梅山鄉農會整合 3 個產銷班及相關農民，總參與人數約 100 人，果園面積約 200 公頃，規劃之防治區涵蓋面積達 500 公頃（圖 1 紅線區域）。第一次工作說明會於 2005 年 5 月 24 日召開，由產銷班班長提供該區之簡要行政區圖，概略劃分責任區域及選定監測點位置。第二次說明會即利用農試所之虛擬實境軟體（LandGene Scape 3.80）製作圳南地區 3D 立體實境地圖，將第一次會議規劃之責任區範圍與密度監測點位置做詳細確認，並指定各監測點負責人及確認防治工作之執行時程。

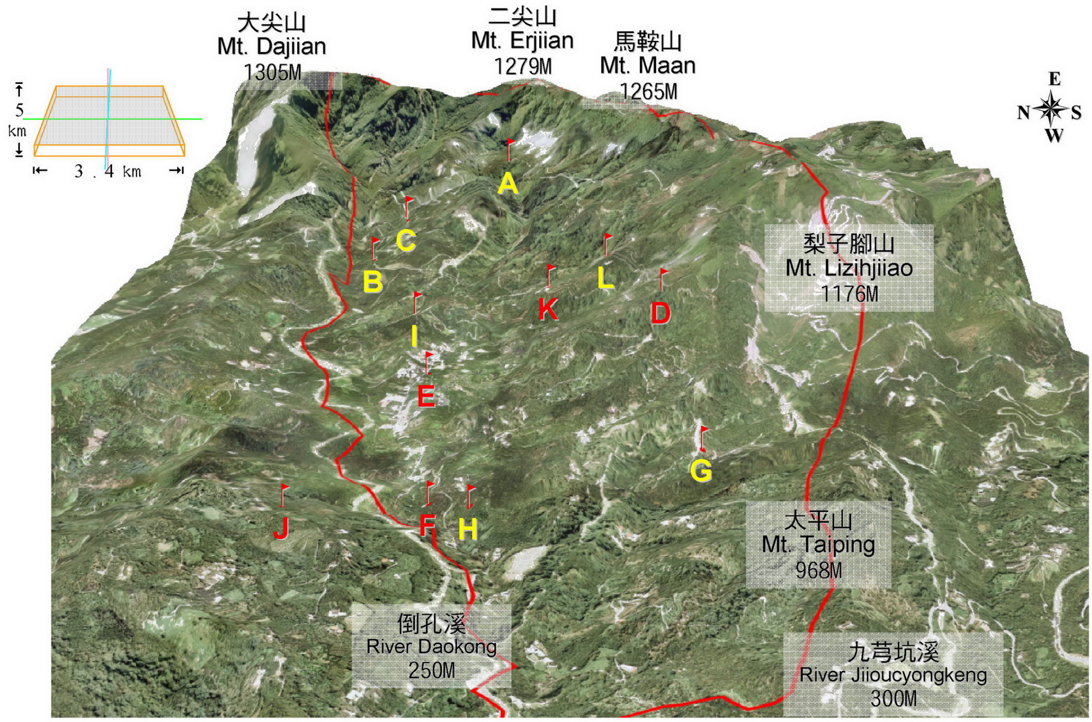


圖 1. 嘉義縣梅山鄉圳南地區果實蠅密度監測點 (A-L) 地理分布立體地圖。

Fig. 1. The 3D geographic distribution of oriental fruit fly monitoring sites (A-L) in Juan-Nan area of Mei-Shan township, Chia-Yi county.

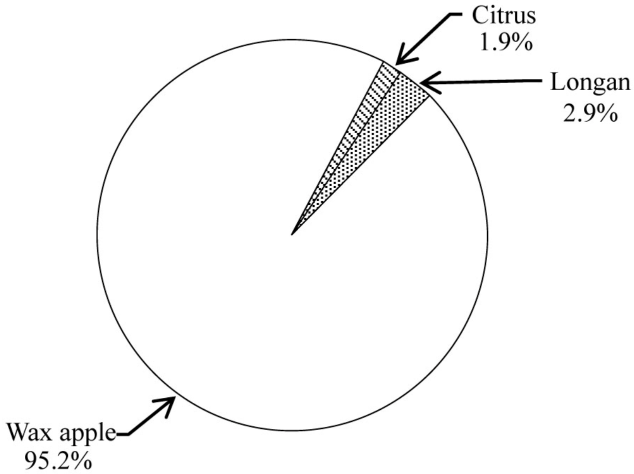


圖 2. 嘉義縣梅山鄉圳南地區果樹作物結構。

Fig. 2. Fruit crop structure in Juan-Nan area of Mei-Shan township, Chia-Yi county.

害蟲密度監測

密度監測點分布的相關位置由農試所統整，先行購置嘉義縣梅山鄉圳南村航空正射影像圖（群立科技股份有限公司 GeoTAIWAN 系列，五千分之一數位空照圖，圖幅編號：95203064、95203065、95203066、95203074、95203075、95203076），再利用衛星定位儀（GARMIN GPSVT，台灣國際航電股份有限公司）將密度監測點定位。以地理資訊軟體（Mapinfo 7.0，九福科技公司）套疊展現相關位置，並利用虛擬實境軟體 (Scaper 3.80) 將資訊圖轉換爲 3D 立體圖層如圖 1，於大銀幕上顯示供農民瞭解、確認及體驗防治區域之整體空間分布與地形差異。

2005 年果實蠅成蟲密度監測工作自 6 月 10 日開始至 11 月產期結束，爲期約六個月，2006 年亦維持相同規劃。密度監測工作由產銷班班長指定 12 位農友負責，每 10 天於各測定點（如圖 1 A-L）收集蟲體，統一寄回農業試驗所計算彙整。密度監測陷阱採用中改式誘蟲盒，內置含毒甲基丁香油誘殺板（$4.0 \times 4.0 \times 0.9$ cm^3 纖維板浸漬 95%甲基丁香油與 5%乃力松之混合液），懸掛高度約 1.0-1.5 m，每 2 個月更換誘殺板。

幼蟲發生密度之監測係逢機選取防治區內蓮霧果園進行採樣，採樣範圍爲蓮霧植株周圍 5 m 內，取樣 100 個蓮霧落果，計算果實中之幼蟲數，共計 4 重複。

農民教育

本項測試期間除邀集農民參與規劃討論外，並針對區域防治之概念及其應用技術進行教育講習，兩年間共計辦理三次防治工作說明會、一次觀摩會及一次成效說明會：(1) 2005 年 5 月 24 日示範正確防治技術之運用與區域防治概念教育；(2) 2005 年 8 月 17 日舉辦受害果清理宣導及防治區空間分布研討，強化防治技術及組織工作向心力；(3) 2005 年 10 月 12 日由社區居民及小學協助，配合台美農業科技合作計畫美方人員參訪，辦理區域防治觀摩會；(4) 2005 年 10 月 31 日：召開蓮霧區域防治成效說明會；(5) 2006 年 5 月召開 95 年度工作說明會。

防治措施

滅雄防治：每公頃設置 4 個誘蟲器，內置浸漬含毒甲基丁香油之棉片 ($3.5 \times 3.5 \times 0.7$ cm^3)，每週添加藥劑，總計提供 800 個誘蟲器供 200 公頃之防治。每兩個月由農試所提供 50 mL 瓶裝含毒甲基丁香油藥液（95%甲基丁香油與 5%乃力松之混合液），每次全區供應 300 瓶藥液，由農民自行添加更新。2005 年 6 月至 12 月之防治期間，共供應 4 次藥液。2006 年則提早自 5 月上旬即開始實施滅雄工作，防治期間藥劑共供應 4 次。相關誘殺資材由動植物防疫檢疫局「果瓜實蠅共同防治計畫」配合提供。

清園：2005 年 7 月因發現果實蠅密度有上昇趨勢，且蓮霧果樹周圍落果嚴重，除逢機調查果實中之幼蟲密度外，於 7 月 15 日緊急發放 309 個含蓋圓形塑膠桶（直徑 65 cm × 高 90 cm），放置於果園內供收集廢棄果，以落實清園工作。

食物誘殺：於果實蠅密度達高峰時，提供含毒蛋白質水解物（GF-120，0.02%賜諾殺濃餌劑），一次提供 8 公升（可涵蓋 100 公頃之防治用量），使用時將原液稀釋 10 倍，以點噴方式間隔 5 m 施用一處，施用位置選擇遮陰良好的樹幹、枝條、葉背或水泥柱等，每週使用一次。

套袋：由農民依往例自行辦理，每公頃約使用 10,000 個紙袋，於中果期疏果時進行套袋，連續兩年均實施。

效益評估

收集防治期間東方果實蠅發生密度資料、蓮霧產量、產銷價格及受害率等資料，並設計問卷調查農民實際參與此工作之感受，供進行效益分析。

結　果

2005 年及 2006 年嘉義縣梅山鄉圳南防治區之果實蠅密度調查係自 6 月開始，進行至同年 11 月為止。連續 2 年調查均出現 7 至 8 月之季節性單一高峰，此一高峰密度自 7 月中旬開始上升，8 月上旬達到高點，9 月中旬以後急遽下降（圖 3）。全區 12 個調查點之個別資料均呈現相同趨勢，但不同調查點間之密度差異可達 5 倍以上。2005 年的密度高峰發生於 7 月 30 日至 9 月 10 日之間，平均誘蟲數為 35 隻／陷阱／天；2006 年密度最高峰亦為 7 月 30 日至 9 月 10 日，平均蟲數為 17 隻／陷阱／天，較 2005 年降低 50%，兩年同一高峰之發生期均為 40 天，相當於東方果實蠅完成一個世代的時間。

監測資料顯示，2005 及 2006 年 12 處調查點之果實蠅發生消長雖相似，但 D、E、F、J 和 K 等 5 處密度均有偏高現象，經與全區平均密度相比較，推測可能為東方果實蠅區域性熱點 (Hot spots)（表 1）。相同的結果於 2007 年 7 月亦再度重現（表 2），顯見圳南地區的確存在密度熱點，未來將列為該地區之防治重點。

由於圳南地區蓮霧產期涵蓋 8 月至 11 月，偏高的氣溫雖適合果實蠅之發育繁殖，但果實蠅密度消長與蓮霧產量、產期並無同步的現象（圖 4），可能因防治區內蓮霧套袋與清園工作徹底，阻絕了東方果實蠅之繁殖，而使此害蟲未隨蓮霧之結實而持續孳生。推測 7 至 8 月間的單一密度高峰極可能來自該地區龍眼生產後期之落果，因嘉義在 7 至 8 月間為龍眼盛產期 (Taipei Agricultural Products Marketing Cooperation, 1996-2005)，後期缺乏管理之落果經常造成果實蠅孳生。由於連續 3 年之調查均於 7-8 月間出現此單一密度高峰，重現性甚高，未來之防治應於 6 至 7 月預先加強果園清潔工作，除主動收集或掩埋龍眼落果以外，亦須注意早生蓮霧落果之清理。

2005 年 7 至 8 月之果實蠅密度高峰，曾短暫影響到早熟之蓮霧。經調查蓮霧落果發現，平均每粒落果中約有 4 條果實蠅幼蟲，而缺乏管理之蓮霧果樹，每棵落果即達數千粒，所能繁殖的果實蠅為數逾萬隻，可嚴重危害 9-11 月盛產之蓮霧。為防範果實蠅大量發生，立即採取清園行動，7 月 15 日起於 200 公頃果園中放置 309 個大型落果收集桶，實施全面清園，經收集落果並滅蟲後，未見果實蠅之後續危害。2005 年圳南地區之蓮霧生產雖未受到果實蠅危害，但因該年歷經 7 月 16 日之「海棠颱風」、8 月 30 日之「泰利颱風」及 9 月 30 日之「龍王颱風」（中央氣象局颱風資料庫 (http://rdc28.cwb.gov.tw/data.php)）之侵襲而減產，惟與 2004 年相比較，卻因產量減少反而單價提高，生產總值不減反增，效益評估見表 3。

2006 年工作計畫將清園工作提早辦理。雖然 7-9 月之單一密度高峰仍然出現，惟密度已下降（圖 2），全期果實蠅之發生密度亦降低，防治成效較 2005 年更佳，長達 6 個月的期間果實蠅密度均未上升，完全無區外再侵入的問題，蓮霧品質亦未受到蟲害影響。

實施區域防治之效益評估詳如表 3 及表 4，顯示實施後之收益增加且防治費用則呈降低的趨勢，整體獲利分別較往年增加新台幣 402 萬及 945 萬元（約合美金 12.2 萬及 28.6 萬元），並自 2005 年開始辦理外銷，拓展海外市場。為確實瞭解直接參與之農民對區域防治工作執行成效的評估，由農試所以問卷方式調查農民觀感，共計回收有效問卷 29 份。本項問卷將評分之等級區分為 1 至 5 分進行分析，結果如表 5，農民對區域防治的總評價屬正面且肯定，平均總評分達 4.0 分。其中對區域防治的效果有 90%表示滿意，仍有 10%不滿意；97%農民認為農藥使用有減少，僅 3%表示農藥使用量有增加一些；但所有的農民對於區域防治實施後防治相關費用的支出均表示有減省。另外依農民自行評估資料，實施區域防治前受害率平均為 38%，實施後受害率降至 18%，減少約 20%。

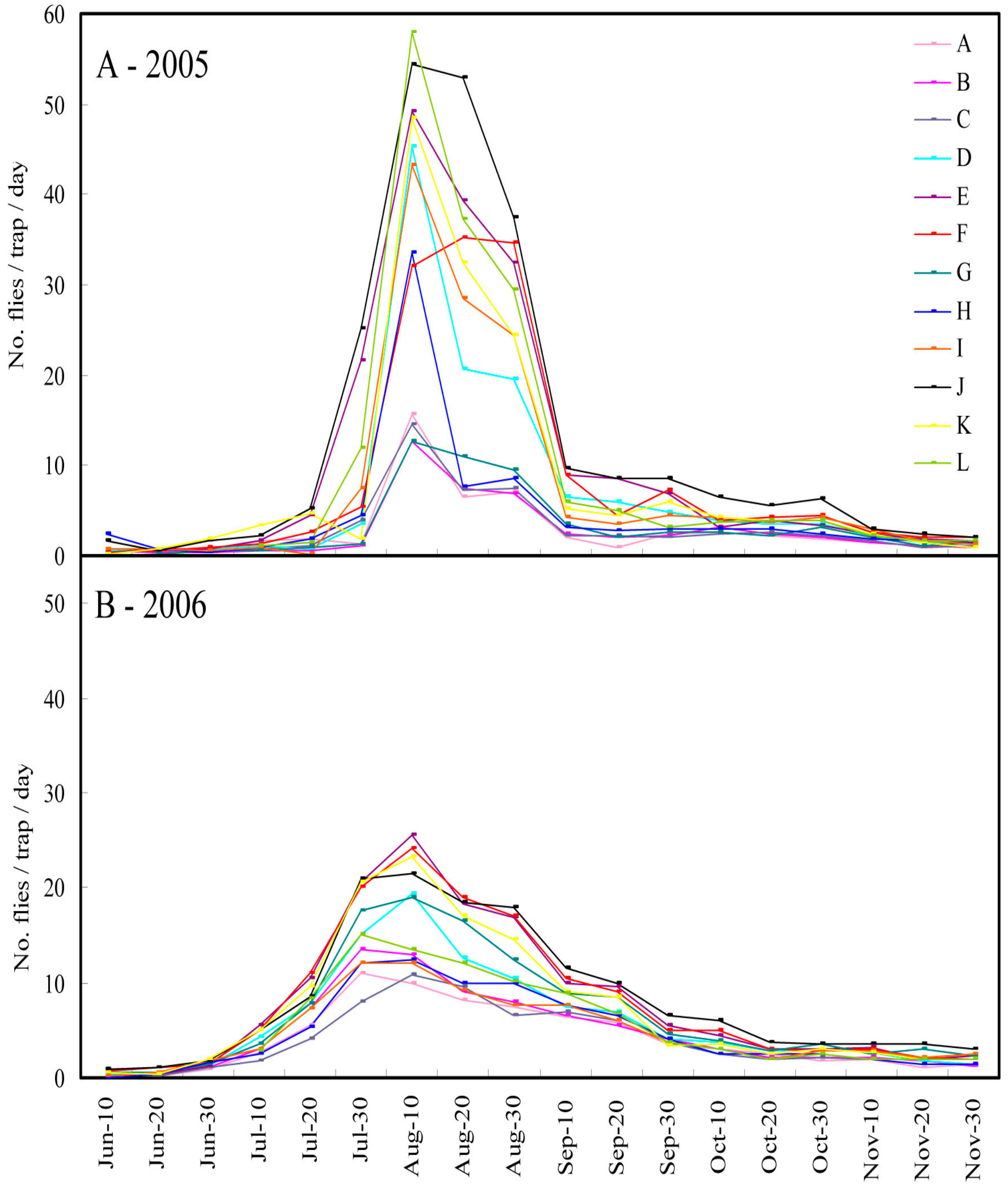


圖 3. 2005 及 2006 年嘉義縣梅山鄉圳南地區 12 處監測點 (A-L) 之果實蠅密度變化。

Fig. 3. Oriental fruit fly density monitoring by 12 farmers (A-L) in Juan-Nan area of Mei-Shan township, Chia-Yi county during 2005-2006.

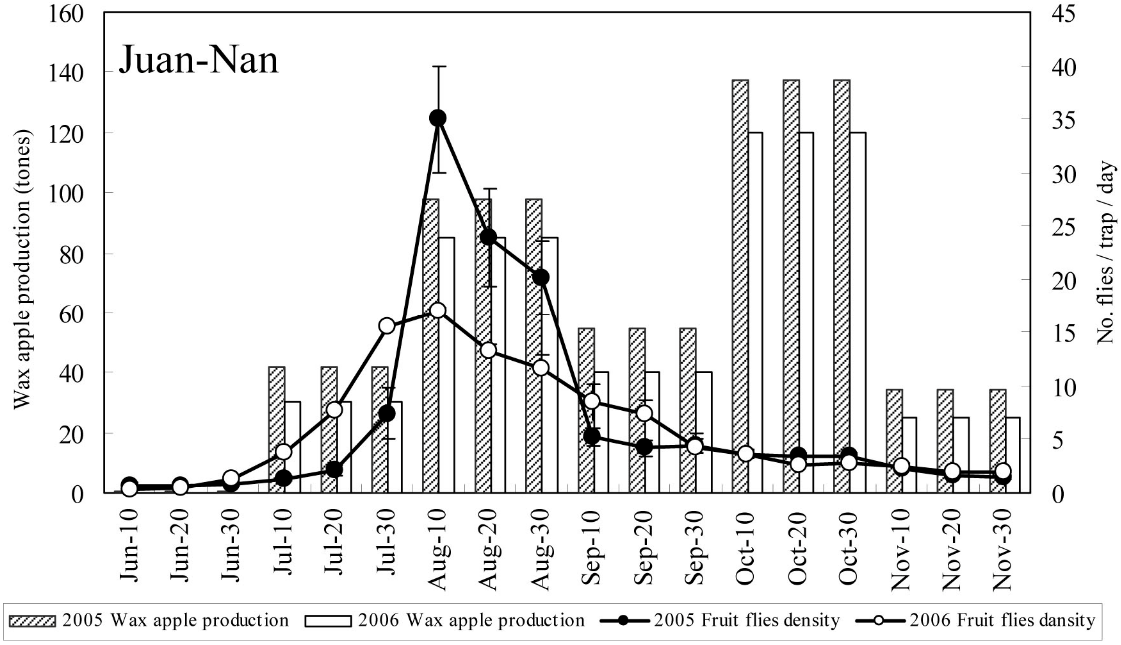


圖 4. 2005 及 2006 年嘉義縣梅山鄉圳南地區蓮霧產量與果實蠅密度變化圖。

Fig. 4. Wax apple production and oriental fruit fly density change in Juan-Nan area of Mei-Shan township, Chia-Yi county.

表 1. 2005-2006 年嘉義縣梅山鄉圳南地區果實蠅密度監測結果

Table 1. Average oriental fruit fly density in individual monitoring sites located at Juan-Nan area of Mei-Shan township, Chia-Yi county, during 2005-2006

ID of monitoring sites[z]			2005 density	Above	2006 density	Above	Hot pot
#	Longitude	Latitude	(No. flies/trap/day)	average	(No. flies/trap/day)	average	possibility
A	209366	2608089	5.6		7.5		
B	208629	2608669	4.9		9.0		
C	209035	2608557	5.9		6.8		
D	207414	2607592	15.1	Yes	11.6	Yes	Yes
E	207530	2608345	24.8	Yes	16.2	Yes	Yes
F	206636	2608275	18.6	Yes	16.0	Yes	Yes
G	206784	2607455	6.0		12.8	Yes	
H	206596	2608152	9.5		8.7		
I	208043	2608438	17.5	Yes	8.5		
J	206449	2608659	29.6	Yes	15.4	Yes	Yes
K	208064	2607907	19.2	Yes	15.0	Yes	Yes
L	208154	2607672	23.2	Yes	10.3		
Average density			15.0		11.5		

[z] The monitoring sites were point coordinated by Transverse Mercator 2° projection with datum GRS67.

表 2. 2007 年嘉義縣梅山鄉圳南地區果實蠅密度監測結果

Table 2. Oriental fruit fly density in individual monitoring sites located at Juan-Nan area of Mei-Shan township, Chia-Yi county in 2007

ID of monitoring sites	Hot spot possibility	OFF density in 2007 (No. flies/trap/day)					
		Jun-10	Jun-20	Jun-30	Jul-10	Jul-20	Jul-30
A		0.3	0.2	1.5	3	2	2.5
B		0.2	0.3	1.3	3	2.1	2.8
C		0.3	0	2	3.5	2	2.8
D	Yes	0.6	0.2	2.1	4.5	3.5	6
E	Yes	0.6	0.5	2.5	4.8	7	**12.5**
F	Yes	1.1	0.5	3	5.5	8.5	**15**
G		0.3	0.4	2.5	3.9	5	9.5
H		0.6	0.4	1.8	3.5	5.5	8.3
I		0.6	0.5	1.5	4	7	9.2
J	Yes	0.2	0.7	2.3	5	5.5	**11.6**
K	Yes	0.3	0.3	2	5.5	5	**10.5**
L		0	0.2	1.5	4	3.5	7

表 3. 2005 年嘉義縣梅山鄉圳南村實施區域防治後與未實施前（2004 年）之效益評估

Table 3. Comparison of wax apple production and oriental fruit fly control cost in Juan-Nan area of Mei-Shan township, Chia-Yi county for 2005 and 2004

Items compared	2005 / 2004	Difference	Gain in NT dollars
Yield			
Quantity (tons)	545 / 857	-36%[z]	
Price (NT dollars per kg)	102.3 / 61.1	+66%	
Value (NT dollars)	55,753,500 / 52,362,700	+6%	+3, 390,800
Export (tons)	20[y] / 0		
Control expenses(NT dollars)			
Fruit bagging	5,202,813 / 6,092,295	- 889,482	
Male annihilation	99,000 / 0	} + 161,700 (Male annihilation, Food bait, Field sanitation)	
(Methyl eugenol + Naled)			+727,782
Food bait (GF-120)	33,000 / 0		
Field sanitation	29,700 / 0		
Total			+4,118,582

z Production reduced 36% due to typhoon.

y First time ever for exportation form Juan-Nan area of Mei-Shan township, Chia-Yi county.

而參與區域防治的動機，因果實蠅危害嚴重的佔 14%；希望降低成本的有 14%；希望提高品質的有 22%；期望增加收益者有 50%。

討　　論

圳南地區自 2005 年實施東方果實蠅區域防治以來，果實蠅的密度僅有 7 至 8 月之單一高峰，連續 3 年均有顯示出相同的變化。根據作物相調查結果，本區域除蓮霧外，其他的寄主果樹栽培種

表 4. 2006 年嘉義縣梅山鄉圳南地區實施區域防治後與未實施前（2004 年）之效益評估

Table 4. Comparison of wax apple production and oriental fruit fly (OFF) control cost in Juan-Nan area of Mei-Shan township, Chia-Yi county for 2006 and 2004

Items compared	2006	/	2004	Difference	Gain in NT dollars
Yield					
Quantity (tons)	432	/	857	-50%	
Price (NT dollars per kg)	138.6	/	61.1	+227%	
Value (NT dollars)	59,875,200	/	52,362,700	+14%	+7,512,000
Export (tons)	23	/	20[z]	+15%[z]	
Control expenses (NT dollars)					
Fruit bagging	4,125,000	/	6,092,295	- 1,967,295	
Male annihilation	99,000	/	0		
(Methyl eugenol + Naled)				+ 101,080	+1,866,215
Food bait (GF-120)	2,080	/	0		
Field sanitation	0	/	0		
Total					+9,378,715

[z] The second year for exportation since 2005.

表 5. 嘉義縣梅山鄉圳南地區蓮霧產區農民問卷調查結果（滿意指數 1-5 分）

Table 5. Questionnaire on the area-wide control efficacies in a 5-point scale from wax apple growers in Juan-Nan area of Mei-Shan township, Chia-Yi county

Question	Rating obtained from 29 farmers					Score
	5[z]	4	3	2	1	
1. Are you satisfied with the results of OFF area-wide control program?	2	24	0	1	2	3.79
2. Your understanding of the area-wide control tactics is sufficient.	3	21	3	2	0	3.86
3. Are you willing to practice the area-wide control program?	6	21	1	1	0	4.10
4. Do you think the quality of harvested fruit improved in this program?	4	22	3	0	0	4.03
5. Did you reduce the cover spray after adapting area-wide control?	6	20	2	1	0	4.07
6. Did you gain financially after implementing the area-wide control?	5	24	0	0	0	4.17
Average rating						4.00

[z] 5: strong agree, 4: agree, 3: neither agree nor disagree, 2: disagree, 1: strong disagree.

類少且數量不多，僅有龍眼 2.9%及柑橘 1.9%。嘉義地區龍眼產期爲 7-8 月，柚子產期爲 9-10 月，其他柑橘類爲 10-2 月，顯示此高峰出現的時間僅與當地龍眼生產季節具有明顯同步的現象，而與後續生產之蓮霧及柑橘並無相關。該地區蓮霧栽培期間之果實蠅疫情確已受到良好控制，但仍應提早壓制因龍眼造成的果實蠅族群密度上升，減少對蓮霧之威脅。

2005 與 2006 年的密度監測結果均出現相同的走勢，顯示 7-8 月的密度高峰的產生係基於相同的原因，藉由持續的滅雄及清園工作，8 月以後果實蠅密度大幅降低。雖然 9-12 月圳南地區仍有相當高的蓮霧產量，但果實蠅密度仍維持於低密度，證實清園、滅雄誘殺及食物誘殺等工作確實可以達到壓制果實蠅族群的效果。從密度監測點的地理分布及密度調查結果看來，防治區域外圍的調查點在全區密度下降之後，並未出現區外侵入之果實蠅族群，顯見即使小區域的防治區，區外移入之果實蠅並未如預期嚴重。2005 年調查落果發現，每株蓮霧達數千粒之落果能繁衍上萬隻果實蠅，可直接影響防治區果實蠅密度。經機動修改防治策略，加強田間衛生，已有效的降低原發性果實蠅密度，2006 年更將防治時程提早一個月，5 月上旬即開始全面滅雄的工作，成功地將 7-8 月的密度高峰降低 50%。

本項測試期間曾於採收期進行果實受害率調查，惟因全區均實施套袋保護，所得數據無法反映真正的受害率，不列入本報告討論範圍。

圳南地區面積僅 500 公頃，以果實蠅之移動能力而言，本不易進行「區域防治」，但檢視連續兩年的密度監測結果，發現並未出現外來果實蠅入侵的現象，雖然果實蠅具有長距離遷移的潛力，但並未有強大的環境壓力促其遷移，且因該地區之隔離條件良好，作物種類單純，而能獲致良好防治成效。測試中亦發現，新興且具高潛力之蓮霧因具有價格之誘因，農民對於套袋保護及落實蟲害管理如清園與滅雄等工作的配合意願也相對地提高；且整個產銷班基於維護產品聲譽的目標，亦能有效約束團隊紀律，形成團結合作的組織，具有明確且共同的目標。透過簡便易行的技術如含毒甲基丁香油滅雄、食物誘餌滅雌及落實清園工作，再搭配運用地理資訊系統與影像處理技術及完善的長期工作計畫，依定期定點之密度監測資料主動針對果實蠅發生狀況調節防治措施，終能建立甚具示範成效之小面積「區域防治」模式，可供其他果樹栽培區之參考。

由 2005-2006 年圳南蓮霧栽培區實施區域防治的成效證明，小面積之東方果實蠅區域防治在部分果樹栽培區是可行的，分析其成功因素包括：(1) 作物種類單純，且產期調節提高蓮霧經濟價值，提昇農民防治意願及團隊向心力；(2) 東方果實蠅再侵入的威脅並不如預期；(3) 甲基丁香油滅雄及相關防治措施的效果顯著，成功地將密度壓制到經濟防治水準以下；(4) 良好的害蟲密度監測系統提供了確實的害蟲發生資訊，得以順利掌握現況，而能採取必要的防治措施；及 (5) 密度監測資料能顯現東方果實蠅密度熱點的位置，可供未來果園清潔及雜果寄主砍除等預防措施之參考。

比對本研究之發現，進一步將 Lindquist 原提的區域防治要素修正如下：(1) 具經濟利益的動機；(2) 有共同目標的防治組織；(3) 清晰的防治工作內容，具備可行的工作措施及完善的工作計畫；(4) 靈活運用現有的高科技技術；及 (5) 有主動性出擊的防治措施。

誌 謝

本研究承動植物防疫檢疫局「作物有害生物整合性防治計畫」(94-管理-3.1-植防-01 (3-1)及 95-管理-3.1-植防-1) 經費補助。嘉義縣政府及梅山鄉農會協助辦理防治工作。陳善土、陳世達、陳善印、林耀煌、林坤濟、謝啓郎、林繼成、江旺宜、劉文周、陳奉玲、張順景及林真章等農友協助密度監測工作，特此致謝。

引用文獻 (Literature cited)

Cheng, E. Y., Y. B. Hwang, C. H. Kao, and M. Y. Chiang. 2002. An area-wide control program for the oriental fruit fly in Taiwan. p.57-71. *in*: Proceedings of the Symposium on Insect Ecology and Fruit Fly Management. Plant Protection Society of the Republic of China, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC. (in Chinese with English abstract)

Cheng, E. Y., Y. B. Hwang, C. H. Kao, and M. C. Lee. 2004. Current oriental fruit fly control strategy and future prospects. BAPHIQ Quarterly Report 2:25-26, BAPHIQ, Taipei, Taiwan, ROC. (in Chinese)

Cheng, E. Y., Y. B. Hwang, C. H. Kao, and W. Y. Su. 2000. Oriental Fruit Fly Control Manual. Spec. Publ. No. 91, Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC. 58 pp.

Cheng, E. Y., C. H. Kao, M. Y. Chiang, and Y. B. Hwang. 2003. Modernization of oriental fruit fly control in Taiwan: the planning and execution of an area-wide control project. p.49-66. *in*: Proceedings of the Workshop on Plant Protection Management for Substainable Development: Technology and New Dimension (Ho, C. C. *et al*., eds.). Plant Protection Society of the Republic of China, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC. (in Chinese with English abstract)

Cheng, E. Y., C. H. Kao, M. Y. Chiang, and Y. B. Hwang. 2005. Area-wide control of oriental fruit fly and melon fly in Taiwan. p.147-154. *in*: Proceedings of the Symposium on Taiwan-American Agricultural Cooperative Projects, Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

Knipling, E. F. 1979. The basic principles of insect suppression and management. Agriculture Handbook No. 512. USDA, SEA, Washington, D. C. 659 pp.

Lindquist, D. A. 2000. Pest management strategies: area-wide and conventional. p.13-19. *in*: Proceedings of Area-wide Control of Fruit Flies and Other Insect Pests (Tan, K. H., ed.), Penerbit Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia.

Mau, R. F. L., E. B. Jang, R. I. Vargas, C. Chan, M. Y. Chou, and J. S. Sugano. 2003. Implementation of a geographic information system with integrated control tactics for areawide fruit fly management. p.1-22. *in*: Proceeding of the Workshop on Plant Protection Management for Sustainable Development: Technology and New Dimension (Ho, C. C. *et al*., eds.). Taichung, Taiwan, ROC.

Taipei Agricultural Products Marketing Cooperation. 1996-2005. Monthly Report on Fruit and Vegetable Marketing, Taipei, Taiwan, ROC. (in Chinese)

Vargas, R. I., R. F. L. Mau, L. Wong, and E. B. Jang. 2006. Successful utilization of the area-wide approach management of fruit flies in Hawaii. p.31-40. *in*: Proceedings of the International Symposium on Area-wide Management of Insect Pests, Japan.

Studies on Small Model Area-wide Control of the Oriental Fruit Fly for Wax Apple in Taiwan[1]

Ming-Yao Chiang[2], Ching-Hua Kao[2,4], Yu-Bing Huang[2], Edward Y. Cheng[2] and Mu-Chuan Lee[3]

Abstract

Chiang, M. Y., C. H. Kao, Y. B. Huang, E. Y. Cheng, and M. C. Lee. 2007. Studies on small model area-wide control of the oriental fruit fly for wax apple. J. Taiwan Agric. Res. 56:153-164.

The area-wide (AW) control of the oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis* (Hendel), OFF) was tested, using the conditions defined by Lindquist, in Juan-Nan area of Mei-Shan township, Chia-Yi county, where wax apple is the major crop with significant economical importance. Growers in this area show a common interest in wax apple production, hence are highly cooperative in managing the fruit fly population. All available OFF control techniques have been utilized, e.g., methyl eugenol bait for male annihilation; protein bait for female fly control; bagging of the fruits; and thorough field sanitation in all wax apple orchards. A well organized OFF density monitoring program was established with 12 monitoring sites, which covered 500 ha testing area. By using 3D aero-photos display system, control planning and farmer education were conducted under the AW control scheme. In two years of AW control practice, the OFF population droped below the economic threshold and fruit production was in excellent quality with a financial gain of NT$ 4 million ($122,000) in 2005. In 2006, the OFF population density was further reduced 50% from that of 2005, and the estimated economic gain on fruit value combining with the saving of pest control cost exceeded NT$ 9 million ($286,000). The evaluation of the AW control program also included a survry of farmers' inputs, which concluded a score of 4.0 in the scale of 1 to 5. The control practice covering 500 ha was considered small in the AW control model for OFF, as if did not have any buffer zone established. Despite the high mobility of OFF, no serious re-invasion problem from the adjacent area occurred due to the scarcity of alternative hosts in that area. This study, though confirmed the AW control requirements as proposed by Lindquist, recommends the requirements supplemented with such additional elements as effective control tactics, continuous farmer education, new and available technologies.

Key words: *Bactrocera dorsalis*, Area-wide control, Wax apple, Small acreage model.

---

1. Contribution No. 2291 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted:July 2, 2007.

2. Respectively, Assistant Entomologist, Associate Entomologist, Assistant Entomologist and Entomologist, Applied Zoology Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Chief, Pest Management Section, Plant Protection Division, Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine, Council of Agriculture, Executive Yuan, Taipei, Taiwan, ROC.

4. Corresponding author, e-mail:chkao@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (04)23309097.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 56(3):165-175 (2007)

肥培管理對薑黃產量及薑黃素含量之影響[1]

高瑞隆[2] 余志儒[3] 陳琦玲[4] 李豔琪[4] 謝廷芳[5] 胡敏夫[2,6]

摘　　要

高瑞隆、余志儒、陳琦玲、李豔琪、謝廷芳、胡敏夫。2007。肥培管理對薑黃產量及薑黃素含量之影響。台灣農業研究 56:165-175。

為期求生產安全無污染藥材供開發保健食品，本試驗以薑黃(*Curcuma longa*)為材料，配置全區每公頃施用 (A) 雞糞堆肥施用量 9,000 kg，(B) 含木黴菌雞糞之生物性肥料 9,000 kg，(C) 施用全量化學肥料 ($N:P_2O_5:K_2O$=90:40:100 kg/ha)，(D) 土壤添加物 2,400 kg，及 (CK) 無肥區作為對照等五處理參試，分二年進行試驗，第一年試驗結果發現各處理間之根莖鮮重與乾重無顯著差異，但在產量上表現較佳者為 C、A 和 D 處理，其各區產量分別為施用雞糞堆肥處理每公頃收 23.1 t 鮮重及 5,938 kg 乾重；施用含木黴菌雞糞之生物性肥料處理每公頃收 20 t 鮮重及 5,170 kg 乾重；施用全量化學肥料處理每公頃收 24 t 鮮重及 6,245 kg 乾重；施用土壤添加物處理每公頃收 22.7 t 鮮重及 5,893 kg 乾重與無肥區每公頃收 20 t 鮮重及 5,316 kg 乾重。第二年試驗結果發現各處理間之根莖鮮重與乾重亦無顯著差異，但在產量上表現較佳者為 A 和 C 處理，其各區產量分別為施用雞糞堆肥處理每公頃收 21 t 鮮重及 4,645 kg 乾重；施用含木黴菌雞糞之生物性肥料處理每公頃收 12 t 鮮重及 2,716 kg 乾重；施用全量化學肥料處理每公頃收 18 t 鮮重及 3,998 kg 乾重；施用土壤添加物處理每公頃收 14.3 t 鮮重及 3,296 kg 乾重與無肥區每公頃收 13 t 鮮重及 2,849 kg 乾重。二年平均根莖乾重比較，以 A 處理 5,292 kg 較高，次為 C 處理 5,122 kg。薑黃素含量分析結果，二年平均以施用化學肥料區達 0.43%較高，次為施用雞糞堆肥區及土壤添加物區，各為 0.41%，但經統計分析處理間未達 5%顯著水準差異。

關鍵詞：薑黃、雞糞堆肥、薑黃素、優質農業操作。

前　　言

薑黃 (*Curcuma longa L.*) 為秋鬱金之俗名，據三澤穰氏於 1989 年在琉王朝傳承至今的秘藥-“鬱金”一書報導，有別於春鬱金之俗名姜黃，在食品及飲料加工業已被廣泛的使用 (Chen & Tsai 1975, Tsai & Chen 1975)。尤其薑黃素 (curcumin) 含抗氧化性物質，美國 National Cancer Institute (NCI) 公布列為第三代化學癌預防劑，並在多所醫療中心進行臨床實驗証明，具有抗炎作用及可抑制產生各種活性氧之酵素如 lipoxygenase/cyclooxygenase、xanthine dehydrogenase/oxidase、inducible

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2292 號。接受日期：2007 年 7 月 3 日。
2. 本所生技組助理研究員、副研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 本所應用動物組助理研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
4. 本所農化組副研究員、助理研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
5. 本所花卉中心研究員兼主任。台灣 雲林縣 古坑鄉。
6. 通訊作者，電子郵件：minfu@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302806。

nitric oxide synthase (iNOS)、protein kinase C (PKC) 及 EGF-receptor 之 tyrosine kinase (RTK) 等活性 (Lin & Lin-Shiau, 2001)；與抑制 12-0-teradecanoyl phorbol-13-acetate (TPA) 引起 DNA 加成物之致癌作用能力普受重視 (Lin 2001)。Miquel (2002) 亦指出薑黃總多酚類除有抑制老鼠腫瘤與發炎功效外，對酒害損傷肝組織 (hepatic injury) 及乾癬 (psoriasis) 均有助益。國內中藥界學者 Na (2000) 與 Lai (1976) 亦提出報告，數世紀以來人類就知道利用薑黃之根莖作為消炎劑、促進血液循環、消瘀、治胃潰瘍、止心絞痛及著色防腐劑。餐宴上之咖哩雞中之黃色調味料即為薑黃根莖粉。1995 年印度栽培面積就達 77,400 公頃 (Singh & Randhawa 1985)。本所先前曾就薑黃之大黃種根莖形成及各位次分生子莖之成分進行分析 (Chiu 1993a)、化學肥料適用量試驗 (Chiu 1993b) 及植期及種植密度探討 (Hu 1996) 等。尤其薑黃素及其它活性成分對人體保健有顯著作用，對大鼠口服急毒性檢測，經 28 天餵食高劑量 (1,000 mg/kg) 亦無傷害 (Liao 2003)，因此，一般食品界與藥廠已紛紛進行研製各種保健產品，並要求於國內進行優質安全生產供應。

材料與方法

試驗品種為薑黃 (*Curcuma longa* L.) 或稱秋鬱金，試驗處理分試驗處理分全區施用雞糞堆肥 (A) 每公頃施用量 9,000 kg (N 1.28%，P_2O_5 2.1%，K_2O 1.35%)，(B) 含木黴菌雞糞之生物性肥料 9,000 kg (N 1.3%，P_2O_5 1.4%，K_2O 1.0%)，(C) 施用全量化學肥料 ($N:P_2O_5:K_2O$ =90:40:100 kg)，(D) 土壤添加物 2,400 kg (N 3.9%，P_2O_5 2.231%，K_2O 1.71%) 與無肥區作為對照 (CK) 等五處理。試驗設計採 RCBD，4 重複，小區面積 22.4 m^2。2005 年 3 月 23 日種植，4 月 11 日、5 月 30 日及 6 月 27 日進行中耕除草、培土及施用追肥工作。2006 年 4 月 3 日種植，中耕除草、培土及施用追肥工作分別於 4 月 24 日、5 月 20 日及 6 月 19 日進行。植前植地取樣進行土壤質地、主要三要素成分及重金屬含量分析與種莖採用百賜達克可濕性粉劑 1000 倍消毒 2 小時，植後分別於 90、120 及 180 天進行調查其株高、葉數及分櫱數，生育期間採用植物性農藥防治主要病蟲害，灌溉用水於灌溉時取樣分析水質之污染情形。

土壤理化性質測定

土壤理化性質分析主要是依據美國農藝學會 (American Society of Agronomy) 所出版之土壤分析方法 (Klute 1986; Weaver *et al*. 1994)。

土壤 pH 之測定（玻璃電極法）：秤取 20 g 經風乾磨碎過篩之土壤，置於 50 mL 燒杯中，加 20 mL 去離子水，充分攪拌後，放置 1 小時（其間攪拌 2 次）後，以 pH 儀 (Suntex SP-701) 測定 pH 值。

土壤電導度之測定（電導計法）：秤取 20 g 經風乾磨碎過篩之土壤，置於 150 mL 紙杯中，加 100 mL 去離子水，充分攪拌後，放置 2 小時（其間攪拌 2 次）後過濾，濾液以電導度儀 (Suntex SC-170) 測定 EC（電導度）。

土壤有機質測定（比色法）：秤取 1 g 經風乾磨碎之土壤，置於 125 mL 三角瓶中，加 10 mL 的 1N $K_2Cr_2O_7$，搖勻，加入 10 mL 的濃硫酸，搖勻，待冷，再加 80 mL 去離子水，搖勻，靜置，待溶液澄清後，取澄清液以 600 nm 波長之光電比色計 (Hitachi U-2000) 進行比色。

土壤磷有效指數之測定（白雷氏第一法）：秤取 1 g 經風乾磨碎之土壤，置於 50 mL 三角瓶中，加入 10 mL 抽出液（0.25 NHCl 和 1 N NH_4F 之混合液），置於震盪器中，震盪 40 秒，隨即過濾，濾液以 ICP（感應耦合電漿分析儀，Jobin-Yvon ULTIMA-C）進行分析。

土壤交換性陽離子之測定（修正醋酸銨法）：秤取 3 g 經風乾磨碎之土壤，置於 30 mL 塑膠瓶中，加入 30 mL 抽出液（1N NH_4OAc 之混合液），置於震盪器中，震盪 1 小時，過濾，濾液以 ICP 分析。

雞糞堆肥及收穫物之重金屬含量測定

雞糞堆肥及收穫物之重金屬 (Fe、Mn、Cu、Zn、Cd、Cr、Ni 及 Pb) 含量測定，乃依據國家標準 CNS 之肥料檢驗法 (1982) 進行分析：取 4 g 雞糞堆置於坩鍋中，添加 5 mL 之 95%酒精（含 2%H_2SO_4），點火使其燃燒碳化，然後移至高溫灰化爐灰化（溫度逐步加熱至 550℃，此溫度下持續 3 小時，再逐步降溫）。灰化後之樣品冷卻後加入硝酸約 5 mL，在水浴槽上加熱分解，並繼續加熱將大部分酸液蒸發至幾近乾涸。冷卻後加入 25 mL 濃鹽酸加熱片刻使之溶解，冷卻後加水定量至 100 mL，混合後立即以乾燥濾紙過濾。以感應耦合電漿分析儀 (Inductively Coupled Plasma-mass Spectrometer，簡稱 ICP) 分析濾液中之重金屬 (Fe、Mn、Cu、Zn、Cd、Cr、Ni 及 Pb) 含量。

灌溉水質重金屬含量之測定

依據 1998 年美國國民健康協會、美國水處理協會及水污染防治協會所編的「水與廢水檢測標準方法」進行分析 (Anonymous 1988)。

薑黃素含量分析

採收後將根莖切片烘乾並磨粉測定粗材料重金屬含量並進行薑黃素 (Curcumin) 含量分析，分析方法將樣品以 95%乙醇萃取至抽出液不再呈黃色後，以此抽出液在 430 nm 波長之吸光度測定，然後將所得數據以 Sigma 公司 C-1386 薑黃素為標準換算之。上述各項調查數據均採用綜合變方分析及最低差異顯著水準 (least significant different, LSD) 分析其差異性。

結　　果

試驗地之理化性質

試驗地土壤之理化性質分析結果如表 1 顯示，質地為壤土，pH 值平均為 7.18，有機質平均含量為 1.23%，有效性磷平均含量為 20.6 mg/kg、交換性鉀平均含量為 66.8 mg/kg、交換性鈣平均含量為 1148.1 mg/kg、交換性鎂平均含量為 185.2 mg/kg 及電導度平均 0.068 d/Sm（表 1）。

試驗資材及灌溉水質重金屬含量分析

試驗所施用雞糞堆肥經檢測，其重金屬如 Fe、Mn、Cu、Zn、Cd、Cr、Ni、Pb 及 As 含量均低於 2003 年 9 月 15 日公告之有機農業灌溉水質及有機質肥料種金屬容許量標準值，或甚至未檢測到（表 2）。灌溉水質方面，第一年採樣樣品分析結果，鐵 12.3 ppm（標準值 5 ppm）及鋁 7.3 ppm 高於標準值（標準值 5 ppm）；第二年樣品分析亦發現，鋁 6.9 ppm 超過標準值外，其他項目均低於標準值（表 3）。

表 1. 農試所試驗田區土壤之理化性質分析

Table 1. Soil properties of experimental field at Agricultural Research Institute before planting turmeric (*Curcuma longa* L.)

Soil depth (cm)	pH	Organic matters (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	EC dS/m	Texture
0-15	7.20	1.32	26.2	72.4	1144.2	182.8	0.068	Loam
15-30	7.16	1.14	15.0	61.2	1152.0	187.6	0.068	Loam

表 2. 雞糞堆肥重金屬及一般成分含量分析

Table 2. Concentration of heavy metals and mineral elements in chicken manure

Item	Tested value	Standard value	Item	Tested value	Standard value
Water content (%)	33.5	—[z]	Cu (mg/kg)	83.8	100
pH value	8.6	—	Fe (mg/kg)	3499	—
Organic matter (%)	2.2	—	Mn (mg/kg)	556	—
N (%)	1.28	—	Zn (mg/kg)	51.3	800
P_2O_5 (%)	2.1	—	Cd (mg/kg)	0.74	5
K_2O (%)	1.35	—	Cr (mg/kg)	73.9	150
Mg (%)	0.87	—	Ni (mg/kg)	7.9	25
Na (%)	0.3	—	Pb (mg/kg)	—	150
Ca (%)	21.2	—			

[z] — : Not detected.

表 3. 灌溉水質重金屬及礦物元素含量分析

Table 3. Concentration of heavy metals and mineral elements in irrigation water

Item	Tested value (2005)	Tested value (2006)	Standar value
pH value	7.82	7.65	6-9
EC value (μS/cm)	347	322	750
NH4-N (μg/mL)	0.09	—[z]	—
NO3-N (μg/mL)	8.7	—	—
SO4 (μg/mL)	84	71	200
Cl (μg/mL)	4	3	175
COD[y] (ppm)	21.71	—	—
Total N (%)	2.07	2.1	10
Cu (ppm)	0.016	0.01	0.2
Zn (ppm)	0.049	0.04	2
Cd (ppm)	0.013	0.001	0.01
Cr (ppm)	0.011	0.003	0.1
Ni (ppm)	0.013	0.004	0.5
Pb (ppm)	0.014	0.004	0.1
As (ppm)	0.012	0.002	0.1
Al (ppm)	9.2	6.9	5
P (μg/mL)	9.2	0.17	0.29
S (μg/mL)	23.9		—
Na (μg/mL)	8.9	11.2	—
K (μg/mL)	5.8	1.9	—
Ca (μg/mL)	43.6	41.5	—
Mg (μg/mL)	12.5	11.1	—
Fe (μg/mL)	12.3	2.7	5
Mn (μg/mL)	0.17	0.06	0.2
B (μg/mL)	0.025	0.014	0.7
SAR[x] ($\sqrt{}$meq/L)	0.3 1	0.4	6

[z] —：No data.

[y] COD=chemical oxygen demand.

[x]

$$SAR = Na / \sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}} \quad \text{(Na, Ca, Meg (meq/L))}$$

採收薑黃根莖重金屬含量分析

採收薑黃根莖重金屬 Cu、Zn、Cd、Cr、Ni 及 Pb 等含量分析，均呈現肥料處理組含量比 CK 組低之趨勢，A 處理之含量和 CK 組呈顯著差異，Cu (6.81:5.53)、Zn (51.43:30.83)、Cd (1.29:0.33)、Cr (0.97:0.73)、Ni (2.57:1.46)；Al 和 B 等含量分析，呈現肥料處理組含量均比 CK 組含量高之趨勢，A 處理之 B（硼）含量和 CK 組有顯著之差異（表 4）。

薑黃不同生育期之生長情形

第一年試驗 120 及 180 天生育調查結果，A 處理平均株高分別爲 25.6 cm 及 52.8 cm，葉數均爲 5.8 葉；B 處理平均株高分別爲 22.2 cm 及 54.4 cm，葉數亦均爲 6 葉左右；C 處理平均株高分別爲 25.1 cm 及 54.0 cm，葉數 5.6 及 6.0 葉；D 處理平均株高分別爲 25.4 cm 及 53.6 cm，葉數均爲 6 葉左右；CK 處理平均株高分別爲爲 22.4 cm 及 44.5 cm，葉數分別爲 5.7 及 6.0 葉。即各處理間中、後期生育無顯著差異。

第二年試驗 120 及 180 天生育調查結果，A 處理平均株高分別爲 56.2 cm 及 106.5 cm，葉數平均爲 5.9 及 6.9 葉；B 處理平均株高分別爲 62.7 cm 及 96.6 cm，葉數亦平均爲 5.4 及 6.5 葉；C 處理平均株高分別爲 65.9 cm 及 103.8 cm，葉數 5.9 及 6.6 葉；D 處理平均株高分別爲 65.8 cm 及 99.8 cm，葉數均爲 5.9 及 6.0 葉；CK 處理平均株高分別爲 65.6 cm 及 96.3 cm，葉數分別爲 5.9 及 6.4 葉（表 5）。

不同位次分生子莖之單株平均重量及百分率調查

第一年各處理間薑黃之不同位次分生子莖，單株平均鮮重及百分率比較發現（表 4），第一次位分生子莖平均重量及百分率分別爲 A 處理 64.0 g 及 11.7%，B 處理爲 59.5 g 及 12.7%，C 處理爲 57.0 g 及 10.1%，D 處理爲 50.5 g 及 9.6%，CK 處理爲 73.0 g 及 15.3%；第二位次分生子莖與第三位次以上之分生子莖，其平均重量及百分率 A 處理分別爲 284.5 g 及 208 g，各佔全株分生子莖量之 50.9%及 37.3%，B 處理爲 220.0 g 及 219.0 g，各佔全株分生子莖量 45.2%及 42.1%，C 處理爲 321.0 g 及 194.5 g，各佔全株分生子莖量 55.2%及 34.7%，D 處理爲 284.5 g 及 212.5 g，各佔全株分生子莖量 52.3%及 38.4%，CK 處理爲 220 g 及 162.0 g，各佔全株分生子莖量 49.0%及 35.6%；各處理間之平均單株平均鮮重無顯著差異，僅第一及第二位次分生子莖所佔百分率有 5%顯著差異，此雖對產量無影響，但有可能會影響其薑黃素含量（表 6）。

表 4. 採收薑黃根莖重金屬含量分析

Table 4. Heavy metal contents in harvested turmeric rhizomes

Treatment	Heavy metal content (ppm)							
	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb	Al	B
Chicken manure, 9,000 kg/ha	5.53 b[z]	30.83 b	0.33 b	0.73 b	1.46 b	0.32 a	74.50 a	4.05 a
Chicken manure with *Trichoderma* sp., 9,000 kg/ha	6.02 b	45.50 a	0.90 a	0.85 ab	2.01 ab	1.04 a	59.52 a	3.43 ab
Chemical fertilizer, N:P_2O_5:K_2O = 90:40:100 kg/ha	5.96 b	45.94 a	1.17 a	0.88 ab	2.39 a	1.01 a	59.52 a	2.75 b
AR3-2S soil amendment, 2,400 kg/ha	6.44 ab	43.97 a	0.72 a	0.74 b	1.91 ab	0.76 a	57.08 a	2.92 b
No fertilizer (CK)	6.81 a	51.43 a	1.29 a	0.97 a	2.57 a	0.74 a	89.70 a	2.82 b

[z] Means followed by the same letter within the same column in each year are not significantly different at 5% level, respectively according to least significant difference test.

表 5. 不同肥料處理對薑黃生長之影響

Table 5. Effects of different fertilizer treatments on growth of turmeric plants in 2005 and 2006

Treatment[z]	Plant height (cm)		Leaf number (no)		Leaf width (cm)		Leaf length (cm)		Branch (no.)	
	120d[z]	180d	120d	180d	120d	180d	120d	180d	120d	180d
2005										
Chicken manure, 9,000 kg/ha	25.6 a[y]	52.8 a	5.8 a	5.8 a	14.9 a	14.3 a	37.6 a	46.5 a	1.4 a	4.3 a
Chicken manure with *Trichoderma* sp., 9,000 kg/ha	22.2 a	54.4 a	6.0 a	5.9 a	16.3 a	14.0 a	36.6 a	46.2 a	1.0 a	3.8 a
Chemical fertilizer, N:P_2O_5:K_2O =90:40:100 kg/ha	25.1 a	54.0 a	5.6 a	6.0 a	14.2 a	12.5 a	36.5 a	47.5 a	1.4 a	3.6 a
AR3-2S soil amendment, 2,400 kg/ha	25.4 a	53.6 a	5.9 a	6.0 a	13.5 a	14.0 a	36.0 a	50.9 a	1.8 a	4.0 a
No fertilizer (CK)	22.4 a	44.5 b	5.7 a	6.0 a	13.2 a	13.6 a	35.6 a	44.7 a	1.4 a	3.9 a
2006										
Chicken manure, 9,000 kg/ha	56.3 a	106.5 a	5.9 a	6.9 a	14.2 a	17.4 a	39.4 a	54.5 a	0.7 a	3.2 a
Chicken manure with *Trichoderma* sp., 9,000 kg/ha	62.7 a	96.6 a	5.4 a	6.5 a	13.2 a	15.0 a	35.8 a	49.0 a	0.9 a	1.6 c
chemical fertilizer, N:P_2O_5:K_2O =90:40:100 kg/ha	65.9 a	103.8 a	5.8 a	6.6 a	13.8 a	15.6 a	37.3 a	53.0 a	1.2 a	3.1 a
AR3-2S soil amendment, 2,400 kg/ha	65.8 a	99.8 a	5.9 a	6.1 a	13.2 a	15.2 a	36.6 a	51.0 a	1.4 a	2.7 ab
No fertilizer (CK)	65.6 a	96.3 a	5.9 a	6.4 a	13.8 a	15.2 a	37.8 a	50.0 a	1.4 a	2.1 bc

[z] Growth days after planting.

[y] Means followed by the same letter within the same column in each year are not significantly different at 5% level, respectively according to least significant difference test.

表 6. 各處理間之薑黃單株不同位次分生子莖平均鮮重比較

Table 6. Comparison of fresh weights of different finger set of turmeric rhizomes among fertilizer treatments

Treatments	Primary finger set (g/plant)	Secondary finger set (g/plant)	Tertiary & Quaternary finger set (g/plant)	Total finger set (g/plant)
2005				
Chicken manure, 9,000 kg/ha	61.0 a[z](11.7 ab)[y]	284.5 a (20.9 ab)	208.0 a (37.3 a)	553.5 a
Chicken manure with Trichoderma sp., 9,000 kg/ha	59.5 a (12.7 ab)	220.0 a (45.2 b)	219.0 a (42.1 a)	498.5 a
Chemical fertilizer, N:P_2O_5:K_2O = 90:40:100 kg/ha	57.0 a (10.1 b)	321.0 a (55.2 a)	194.5 a (34.7 a)	572.5 a
AR3-2S soil amendment, 2,400 kg/ha	50.5 a (9.6 b)	284.5 a (52.3 ab)	212.5 a (38.4 a)	547.5 a
No fertilizer (CK)	73.0 a (15.3 a)	220.0 a (49.0 ab)	162.0 a (35.6 a)	455.0 a
2006				
Chicken manure, 9,000 kg/ha	118.8 a (19.8 b)	289.8 a (48.5 a)	186.5 a (32.0 a)	595.1 a
Chicken manure with Trichoderma sp., 9,000 kg/ha	75.3 a (23.3 ab)	126.8 a (45.5 a)	87.0 a (31.2 a)	289.5 a
Chemical fertilizer, N:P_2O_5:K_2O = 90:40:100 kg/ha	130.2 a (24.5 ab)	232.2 a (45.8 a)	150.8 a (29.8 a)	513.2 a
AR3-2S soil amendment, 2,400 kg/ha	111.2 a (29.0 a)	180.0 a (44.0 a)	110.5 a (26.8 a)	401.7 a
No fertilizer (CK)	91.8 a (25.8 ab)	174.0 a (47.0 a)	100.3 a (27.2 a)	366.1 a

[z] Means followed by the same letter within the same column in each year are not significantly different at 5% level , according to least significant difference test.

[y] Data in parenthesis are percentages of total finger set.

第二年各處理間薑黃之不同位次分生子莖，單株平均鮮重及百分率比較發現，第一次位分生子莖平均重量及百分率分別爲 A 處理 118.8 g 及 19.8%，B 處理爲 75.3 g 及 23.3%，C 處理爲 130.2 g 及 24.5%，D 處理爲 111.2 g 及 29%，CK 處理爲 91.8 g 及 25.8%；第二位次分生子莖與第三位次以上之分生子莖，其平均重量及百分率 A 處理分別爲 289.8 g 及 186.5 g，各佔全株分生子莖量之 48.5% 及 32%，B 處理爲 126.8 g 及 87 g，各佔全株分生子莖量 45.5%及 31.2%，C 處理爲 232.2 g 及 150.8 g，各佔全株分生子莖量 45.8%及 29.8%，D 處理爲 180 g 及 110.5 g，各佔全株分生子莖量 44%及 26.8%，CK 處理爲 174 g 及 100.3 g，各佔全株分生子莖量 47%及 27.2%；即各處理間之第一分生子莖量所佔百分率有顯著差異，第二及第三分生子莖量所佔百分率則無顯著差異。年度間比較發現，第二年之各處理間第一分生子莖量所佔全株百分率比第一年高，但第二及第三分生子莖量則減少，此因而促進植株不斷往上伸展，可能有影響根莖產量（表 6）。

各處理間之薑黃根莖產量表現

第一年根莖鮮重產量調查發現，A 處理平均每公頃鮮重 23,104 kg，乾重 5,938 kg，B 處理平均每公頃鮮重 20,041 kg，乾重 5,170 kg，C 處理處理平均每公頃鮮重 24,020 kg，乾重 6,245 kg，D 處理平均每公頃鮮重 22,667 kg，乾重 5,893 kg，CK 處理平均每公頃鮮重 20,062 kg，乾重 5,316 kg，即施用化肥區表現較高，次爲施用雞糞堆肥區，但經綜合變方分析處理間未達 5%顯著水準差異。第二年度表現，A 處理平均每公頃鮮重 21,257 kg，乾重 4,645 kg，B 處理平均每公頃鮮重 12,572 kg，乾重 2,176 kg，C 處理處理平均每公頃鮮重 18,339 kg，乾重 3,998 kg，D 處理平均每公頃鮮重 14,329 kg，乾重 3,296 kg，CK 處理平均每公頃鮮重 13,071 kg，乾重 2,849 kg，僅施用雞糞堆肥區表現較穩定（表 7）。

各處理間之薑黃素含量分析

第一年試驗結果發現，薑黃施用化學肥料區薑黃素含量 0.61%較高，次爲施用土壤添加物區及雞糞堆肥區各爲 0.55%，但經統計分析處理間未達 5%顯著水準差異；至於施用含木黴菌堆肥區其薑黃素含量與無施肥區相近。

第二年試驗結果以施用雞糞堆肥區及土壤添加物區薑黃素含量各爲 0.27%較高，次爲無肥區 0.26%，化肥區 0.24%，施用含木黴菌堆肥區 0.21%（表 8）。

討　　論

實施優良農業操作生產安全藥材，首重栽培資材及灌溉水質污染情形，以期作好事先防範。本試驗進行前，已作好試驗資材堆積、醱酵與土壤質地等分析，以便預留準備試驗地供次年行試驗。其次定期作灌溉水質監測與分析，經二年間之灌溉水質重金屬含量分析發現，烏溪水中之鐵、鋁含量稍爲偏高，但鐵、鋁均爲土壤中豐富元素，在土壤 pH >5.5 時，土壤鋁的溶解度低，而旱田土壤之鐵，亦大部分以不溶性之 Fe^{3+}之化合物形態存在，故應不至對植物造成毒害。惟本所灌溉水一向引自烏溪之溪水，近年來發現鐵、鋁、鎘含量，偶有超過灌溉水標準的情形，未來仍需注意灌溉水品質。

由於本研究並未針對試驗地試驗前後土壤及雞糞堆肥除外之其它處理進行重金屬含量分析，無法進行比對。採收薑黃黃根莖重金屬含量析結果顯示，CK 組含量高於另 4 種肥料處理區，其可能原因爲有機質對重金屬的絡合作用及肥料三要素以離子型式吸收，可能造成之離子競爭有關。除 CK 處理薑黃根莖鎘含量相對比雞糞堆肥高外，其餘均比雞糞堆肥的含量低，顯示除鎘外，薑黃根莖對重金屬的吸收量不高。

表 7. 各種肥料處理對薑黃根莖產量之影響

Table 7. Effects of different fertilizer treatments on the rhizome yield of turmeric plants

Treatment	Rhizome yield					
	Fresh weight (kg/ha)			Dry weight (kg/ha)		
	2005	2006	Average	2005	2006	Average
Chicken manure, 9,000 kg/ha	23,104 a[z]	21,257 a	22,180 a	5,938 a	4,645 a	5,292 a
Chicken manure with *Trichoderma* sp., 9,000 kg/ha	20,041 a	12,572 a	16,306 a	5,170 a	2,716 a	3,943 a
Chemical fertilizer, $N:P_2O_5:K_2O$ = 90:40:100 kg/ha	24,020 a	18,339 a	21,179 a	6,245 a	3,998 a	5,122 a
AR3-2S soil amendment, 2,400 kg/ha	22,667 a	14,329 a	18,498 a	5,893 a	3,296 a	4,595 a
No fertilizer (CK)	20,062 a	13,071 a	16,566 a	5,316 a	2,849 a	4,083 a

[z] Means followed by the same letter within the same column in each year are not significantly different at 5% level, respectively according to the least significant difference test.

表 8. 各處理間之薑黃素含量比較

Table 8. Comparison of curcumin contents of turmeric rhizomes among different fertilizer treatments

Treatment	Curcumin content (%) [z]		
	2005	2006	Average
Chicken manure, 9,000 kg/ha	0.55 a[y]	0.27 a	0.41 a
Chicken manure with *Trichoderma* sp., 9,000 kg/ha	0.39 b	0.21 a	0.30 a
Chemical fertilizer, $N:P_2O_5:K_2O$ = 90:40:100 kg/ha	0.61 a	0.24 a	0.43 a
AR3-2S soil amendment, 2,400 kg/ha	0.55 a	0.27 a	0.41 a
No fertilizer (CK)	0.30 b	0.26 a	0.28 a

[z] Dry weight basis.

[y] Means followed by the same letter within the same column are not significantly different at 5% level according to the least significant difference test.

薑黃生育情形調查發現，同年度不同處理間各性狀差異不顯著，但年度間比較發現第二年薑黃株高較高，此顯示第二年度薑黃植株生長受氣候影響比第一年度差，分櫱少，遂使植株往上伸展。各處理間之薑黃根莖產量調查，從根莖鮮重及乾重表現，第一年度各處理間差異並不顯著，尤其無肥區每公頃仍達 20 t，此似顯示所施用之各種肥料均無正面反應於產量上，或許因第一年多次颱風所帶豪雨造成肥分流失或混雜而影響，此可從中後生育數據分析加以佐證。

第二年各處理間之根莖鮮重比較發現，除 A 處理每公頃上能維持於 20 t 間，其餘處理均低，此可能生育後期不如前年常有下雨滋潤，以致使第二及第三分生子莖減少有關。但從二年平均根莖乾重探討發現，A 處理每公頃平均根莖乾重 5,292 kg 較高於其他處理，次為 C 處理 5,122 kg，換言之，施用雞糞堆肥及全施用化學肥料對薑黃根莖增產有較正面反應。

薑黃素含量分析，第二年各處理區之薑黃素含量皆比前年低，期盼佔高比率之第一位及第二位分生子莖量將有較高薑黃素含量趨勢未呈現，依據 Lingamullu (2002) 等使用 HPLC 改善方法分析薑黃不同品種之薑黃素含量發現，Salem 和 Erode 二品種之薑黃素含量可達 4%左右，本所利用第二年度試驗材料仿傚使用高效液相色譜法分析（HPLC, Waters 2695 型）發現，A 處理可達 0.28%，B 處理為 0.25%，C 處理為 0.29%，D 處理為 0.27%，CK 處理為 0.38%，雖然 CK 處理薑黃素含量

比其它處理高，但分析結果沒有顯著差異，表示機差相當大，重複之間變異相當大，因此肥料處理間對薑黃素含量的作用效果不顯著。即台灣栽培薑黃之薑黃素含量應有提高之潛力。

總之，從二年試驗結果可瞭解，薑黃在台灣栽培肥料施用種類與用量，就產量而言似應採用施用雞糞堆肥每公頃 9,000 kg (N 1.28%，P_2O_5 2.1%，K_2O 1.35%)，其平均公頃鮮重 22,180 kg，乾重 5,292 kg 較佳；但基於顧慮防治白絹病爲害起見，農民實際栽培應用可建議，基肥施用雞糞堆肥每公頃 6,000 kg，追肥佐施土壤添加物 2,400 kg (N 3.9%，P_2O_5 2.231%，K_2O 1.71%) 爲宜。

引用文獻 (Literature Cited)

Anonymous. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. Washington, D. C., USA.

Chen, H. E., and P. L. Tsai. 1975. Studies on the natural coloring matters of horticultural crops III. Some properties of yellow natural color in curcuma rhizome and its application. Chinese Hortic. 21:242-248. (In Chinese with English abstract)

Chiu, S. M., H. I. Liu, and C. L. Chu. 1993a. Growth and development of turmeric (*Curcuma aromatica* Salisb.) plants. I. The formation and chemical composition of rhizome finger sets of different orders. J. Agric. Res. China 42:153-161. (In Chinese with English abstract)

Chiu, S. M., H. I. Liu, and C. L. Chu. 1993b. Growth and development of turmeric (*Curcuma aromatica* Salisb.) plants. II. Effects of N and K fertilization on plant growth and rhizome yield and quality. J. Agric. Res. China 42:370-379. (In Chinese with English abstract)

Hsieh, T. F., C. H. Kuo, and K. M.Wang. 1999. Application of amendments to control southern blight of snap bean caused by *Sclerotium rolfsii.* Plant Pathol. Bull. 8:157-162. (In Chinese with English abstract)

Hu, M. F., S. M. Chiu, H. I. Liu, M. H. Lai, and S. Y. Liu. 1996. Effects of planting date and density on the rhizome yield and curcumin contents of turmeric plant (*Curcuma Longa* L.). J. Agric. Res. China 45:164-173. (In Chinese with English abstract)

Hu, M. F., C. L. Chen, Y .C. Lee, T. F. Hsieh, C. L. Chu, and J. Z. Yu. 2006. Effects of organic and chemical fertilizers suitable for good agricultural practices on root yield and active ingredients of *Boehmeria nivesa*. J. Taiwan Agric. Res. 55:213-221. (In Chinese with English abstract)

Klute, A. 1986. Method of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. ASA and SSSA. Madison, WI, USA. 1188 pp.

Lai, J. H. 1976. Pharmacognosy. Chuang Yi Publisher. Taichung, Taiwan. 543 pp. (in Chinese)

Liao, J. W., S. J. Tsai, C. S. Wang, and S. J. Hwang. 2003. Safety evaluation of turmeric (*Curcuma longa* L.) powder via oral gavage for 28 days in rats. Plant Prot. Bull. 45:237-255. (In Chinese with English abstract)

Lin, J. K., and S.Y. Lin-Shiau. 2001. Mechanisms of cancer chemo-prevention by curcumin. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC B. 25:59-66.

Lingamullu J. M. R., and S. K. Kunnumpurath. 2002. Improved HPLC method for the determination of curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin. J. Agric. Food Chem. 50:3668-3672.

Miquel, J., A. Bernd, J. M. Sempere, and J. D. Alperi. 2002. The curcuma antioxdants: pharmacological effects and prospects for future clinical use. Arch. Gerontol. Geriatr. 34:37-46.

Na, C. 2000. Pents'aology. National Research Institute of Chinese Medicine Pub. Taipei, Taiwan. 701 pp. (in Chinese)

Page, A. L. 1982. Method of Soil Analysis. Part 2 Chemical and Microbiological Properties. ASA and SSSA. Madison, WI, USA.

Singh, S., and G. S. Randhawa. 1985. Effect of intercropping and mulch on yield and quality of turmeric (*Curcuma longa* L.). p.183-185 *in* the Proceeding of 5th ISHS (International Society for Horticultural Science) Symposium on Medicinal and Aromatic Spice Plants. Darjeeling, India.

Tsai, P. L., and H. Chen. 1975. Studies on the natural coloring matters of horticultural crops. II. Extraction and variability of curcumin content in different curcuma varieties. Chinese Hortic. 21:79-82. (In Chinese with English abstract)

Weaver, R. W., S. Angle, and P. Bottomley. 1994. Methods of Soil Analysis. Part 2. Microbiological and Biochemical Properties. ASA and SSSA. Madison, WI, USA. 1121 pp.

行政院農業委員會農業試驗所 AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE 1895

Effect of Fertilizer Treatments on Rhizome Yield and Curcumin Content of Turmeric[1]

Ruei-Lung Kao[2], Jih-Zu Yu[3], Chiling Chen[4], Yahn-Chir Lee[4], Chien-Liang Chu[4], Ting-Fang Hsieh[5] and Min-Fu Hu[2,6]

Abstract

Kao R. L., J. Z. Yu, C. Chen, Y. C. Lee, C. L. Chu, T. F. Hsieh, and M. F. Hu. 2007. Effect of fertilizer treatments on rhizome yield and curcumin content of turmeric. J. Taiwan Agric. Res. 56:165-175.

Good agricultural practice (GAP) is the currently emphasized policy for cultivation of safe agricultural crops in Taiwan and is recognized as a crucial measure for production of medicinal herb products. In this study, four different types of fertilization were evaluated for their effectiveness on rhizome yield and curcumin content of turmeric (*Curcuma longa* L.) in 2005 and 2006. The treatments consisted of (A) chicken manure at 9 t/ha; (B) chicken manure with *Trichoderma* sp. at 9 t/ha; (C) chemical fertilizer at the rate of N:P_2O_5:K_2O = 90:40:100 kg/ha; (D) soil amendment (AR3-2S) with chemical fertilizer (N: P_2O_5: K_2O = 3.9:2.23:1.71) at 2.4 t/ha; and (CK) no fertilizers as control. Each treatment had four replicates in a randomized complete block design (RCBD). The results showed that there were no significant difference in rhizome yields among the treatments in the consecutive 2-year trials, although the yields of rhizome harvested from treatment A and C were higher than those from other treatments. The fresh weight and dry weight of rhizome yields in 2005 were, respectively, 24 t/ha and 6.2 t/ha in treatment C, 23.1 t/ha and 5.9 t/ha in treatment A, 22.7 t/ha and 5.9 t/ha in treatment D, 20 t/ha and 5.2 t/ha in treatment B, and 20 t/ha and 5.3 t/ha in controls. In 2006 the rhizome fresh weight and dry weight were, respectively, 21 t/ha and 4.6 t/ha in treatment A, 18.3 t/ha and 4.0 t/ha in treatment C, 14.3 t/ha and 3.3 t/ha in treatment D, 12.5 t/ha and 2.7 t/ha in treatment B, and 13 t/ha and 2.8 t/ha in CK. The amount of curcumin content extracted from harvested rhizome among different treatments also was not significantly different, although the curcumin contents for treatment C, A and D were 0.43%, 0.41% and 0.41%, respectively, which were higher than 0.30% for treatment B and 0.28% for CK.

Key words: Turmeric, *Curcuma longa*, Chicken Compost, Curcumin, Good agricultural practice (GAP).

---

1. Countribution No.2292 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted:July 3, 2007.
2. Respectively, Assistant Researcher and Associate Researcher, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Wufeng, Taichung, Taiwan.
3. Assistant Researcher, Agricultural Applied Entomology Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan.
4. Respectively, Associate Agrohemist, Assistant Researcher and Assistant Researcher, Agricultural Chemistry Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan.
5. Senior Researcher and Director, Floricultural Research Center, TARI, KuKeng, YunLin, Taiwan.
6. Corresponding author, e-mail:MinFu@wufeng.tari.gov.tw; Fax:(04)23302806

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 56(3):176-188 (2007)

利用微衛星序列作為台灣落花生栽培種DNA分子標誌[1]

陳哲仁[2] 楊金興[3] 曾東海[2] 鄭統隆[2] 吳明哲[2,4]

摘　要

陳哲仁、楊金興、曾東海、鄭統隆、吳明哲。2007。利用微衛星序列作為台灣落花生栽培種 DNA 分子標誌。台灣農業研究 56:176-188。

本研究主要目的為建立國內落花生栽培種簡單重複序列 (simple sequence repeat, SSR) DNA 指紋資料與鑑定 SSR 基因座變異情形，一共選用國內 12 個落花生栽培種及 97 個 SSR 引子對，在 77 個可獲得清晰結果的 SSR 標誌觀測到 102 個條帶，其中有 26 個 SSR 基因座在樣品間呈現多型性，並且有 13 個品種專一性條帶可供品種鑑定。另外，有 6 個 SSR 基因座進行解序確認對偶基因型態，結果顯示有多種類型的變異，包括單核酸多型性、重複序列套數以及不含重複序列基因座，顯示相較於其他分子標誌系統，SSR 標誌在國內落花生栽培種呈現較高多型性比率。

關鍵詞：落花生栽培種、分子標誌、簡單重複序列。

前　言

落花生 (*Arachis hypogaea* L.) 屬於豆科 (Fabaceae) 植物，目前認為起源於南美洲，在玻利維亞南部或阿根廷北部為人馴化；落花生屬 (*Arachis*) 以型態、地理分布以及雜交親合性的不同，分為九個節 (section)，包括異質四倍體 (allotetraploid) 栽培種花生 (AABB) (Hung *et al*. 1996)。研究顯示可能涉及早期野生種 *A. duranensis* (A genome) 和 *A. ipaensis* (B genome) 雜交後，繼而自發性染色體倍加的結果；落花生根據主軸花序的有無分為兩亞種 *hypogaea* 和 *fastigiata*，再根據型態及生長特性 *hypogaea* 可分為 *hypogaea* 和 *hirsute* 兩變種；*fastigiata* 可分為 *fastigiata*、*vulgaris*、*aequatoriana* 以及 *peruviana* 四變種 (Moretzsohn *et al.* 2004)。栽培種花生的植株型態及農藝性狀有顯著的變異存在，但是，DNA 層級的變異如 RAPD (random amplified polymorphic DNA) 、AFLP (amplified fragment length polymorphism) 以及 RFLP (restriction fragment length polymorphism) 分析結果並不明顯，先前國內落花生研究也同樣得到落花生遺傳歧異度低，需要篩選較大量引子，才能獲得較多的多型性，以作為親緣關係及種原鑑定之判斷 (Fan *et al*. 1999)。造成 DNA 變異低落的可能原因包括：1.近源二倍體與栽培種間的基因流 (gene flow) 障礙。2.栽培種源自少數雜交個體染色體倍加。3.育種材料重複使用等單一或複合因素 (Moretzsohn *et al.* 2004) 。因此思考其他分子標誌利用的可行性。

現今 DNA 分子標誌技術的發展提供新的作物改良策略及瞭解物種內和物種間的演化關係，根據不同的 PCR 技術為基礎的方法，如 RAPD、AFLP、SSR (simple sequence repeat) 以及 ISSR

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2293 號。接受日期：2007 年 8 月 5 日。
2. 本所生技組聘用人員、副研究員及生技組研究員兼組長。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 本所作物組副研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
4. 通訊作者，電子郵件：wu@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302806。

(Inter-SSR) 等分析方法，已經成功應用在落花生遺傳歧異度評估 (Hopkins *et al*. 1999) ，其中 SSR 序列是由 1-6 個鹼基重複排列組成，遍佈在基因組中，具有高的多型性比例、共顯性標誌、結果可靠、分析容易等優點。Krishna 等人 (2004) 利用 18 個螢光標定的 SSR 引子分析 48 個 Valencia 基因型的落花生栽培種，一共測得 120 個不同基因座，經過未加權算數平均法 (UPGMA) 之集群分析，能夠區分爲 3 個遺傳相似集群；Moretzsohn 等人 (2004) 選用 12 個 SSR 引子分析 96 個落花生品種（系）與 36 個近源野生種，野生種涵蓋異質四倍體 *A. monticola* (AABB)、DD 基因組 *A. gladulifera*、13 個 AA 基因組有關的 2 倍體 (2n=20) 、2 個 2n=18 以及 10 個 BB 基因組的野生種，建立落花生品種（系）群集，可作爲育種上親本選擇的參考。此外，SSR 基因座 *Ah-041* 其中 292 bp 對偶基因型爲 AA 基因組品種（系）所特有，顯示 SSR 適合落花生狹窄遺傳變異的研究。

傳統根據外表型態的鑑定，耗時且易受環境因素影響，更增加判別上之困難，面對實際流通產品更無法達到鑑定目的，需要使用其他技術克服問題，DNA 指紋分析是指具有個體專一性的遺傳組成分析 (Jeffrey *et al*. 1985) ，不受到組織部位、發育時期與環境因素影響，Levy 等人 (1988) 首次以 M13 噬菌體迷你衛星體 (minisatellite) 序列，利用南方雜合法建構棉花、大麥、黃豆、柑橘以及枸橘等植物物種獨特 DNA 指紋，並可與其他動物和微生物有所區隔，現在 DNA 指紋分析用途可分爲物種演化和遺傳圖譜建立兩大方面，包括品種鑑定和基因體分析等實際應用 (Staub *et al.* 1999) 。本研究針對本所培育落花生品種台農 6 和 7 號及其相關親源共 12 個品種（系），使用 97 個 SSR 引子組合進行分析，其中 77 組獲得可分析條帶，26 組具有多型性片段，可作爲品種鑑定及育種材料選擇的參考依據，是國內首次利用專一性 SSR 標誌建立落花生栽培種 DNA 指紋資料。

材料與方法

供試材料品種來源

四倍體落花生栽培種 (2n = 40) 台農 6 號和台農 7 號及其相關親緣（圖 1）台農 5 號、台南 10 號、台南 11 號、南改系 141、CJ444、NcAcc17127、PI 240553、PI 314817、紅花以及西班牙白共 12 個品種（系）（表 1），94 和 95 年期作，按一般條件栽種於農業試驗所溫室和田間。

核酸萃取與分析

葉片 DNA 萃取方法根據 Bornet 和 Branchard (2001) 的 CTAB (cetyltrimethylammonium bromide) 方法進行。SSR 分析：於總體積 20 µL 的反應條件進行，包含 100 ng 基因組 DNA、10 mM Tris–HCl (pH 8.3)、50 mM KCl、2 mM $MgCl_2$、200 µM dNTPs、0.6U Taq polymerase、0.25 µM SSR primer、5% DMSO 以及 0.5 µg/µL BSA，以聚合酶連鎖反應器 (MJ Research PTC-200) 進行反應，反應溫度參考 Ferguson 等人 (2004) 建議程序，開始 94℃ 3 分鐘後，進行 40 循環的 94℃ 45 秒、55℃ 45 秒、72℃ 1 分鐘，最後 72℃ 10 分鍾。依據前人發表之 SSR 引子序列，挑選引子黏合溫度 55-60℃，PCR 擴增產物大小 500 bp 以下，且針對 2 至 4 鹼基簡單重複序列共 97 組 SSR 引子組 (He *et al.* 2003; Ferguson *et al*. 2004; Moretzsohn *et al.* 2005)。

電泳及影像紀錄

20 µL 聚合酶連鎖反應增殖的 DNA 產物，加入 4 µL 6X 的電泳緩衝液（0.1% xylene cyanol 和 30% glycerol），以 3% Agarose SFR^{TM} 高解析度瓊膠 (Amresco Co., USA) 內含 0.5 µg/mL 溴化乙錠 (EtBr) 染色，在 1X TBE 緩衝液 (89 mM Tris-borate, pH 8.0 和 2 mM EDTA) 中進行電泳，電泳條件爲 150 V 進行 90 分鐘，以紫外燈呈像後紀錄電泳圖譜。

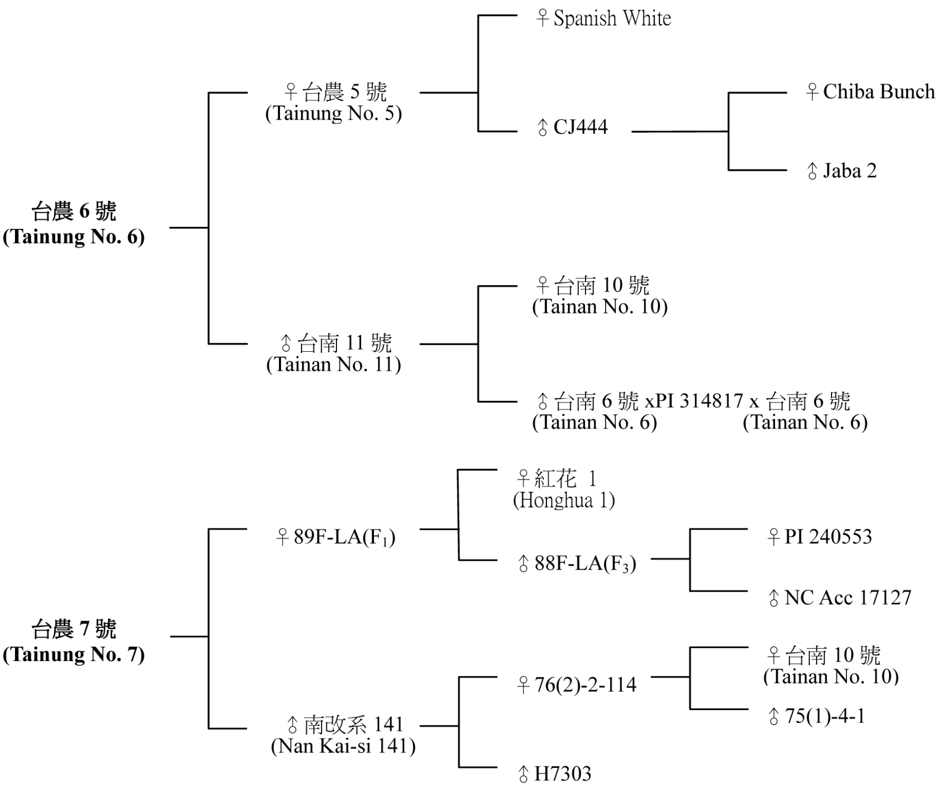


圖 1. 落花生台農 6 號和 7 號之譜系。

Fig. 1. The pedigree of peanut Tainung No. 6 and No. 7.

表 1. 供試落花生 (*Arachis. hypogaeae*) 之品種（系）代號、名稱以及植物型

Table 1. Code, cultivar name, plant botanical type and scientific name of subspecies and variety of peanuts used for SSR analysis

No	Variety (line)	Plant botanical type	Subspecies & variety
1	Tainung No. 5（台農 5 號）	Spanish	*Fastigiata valgaris*
2	Tainung No. 6（台農 6 號）	Spanish	*Fastigiata valgaris*
3	Tainung No. 7（台農 7 號）	Spanish	*Fastigiata valgaris*
4	Tainan No. 10（台南 10 號）	Spanish	*Fastigiata valgaris*
5	Tainan No. 11（台南 11 號）	Spanish	*Fastigiata valgaris*
6	Nan Kai-si 141（南改系 141）	Spanish	*Fastigiata valgaris*
7	CJ444	Spanish	*Fastigiata valgaris*
8	NC Acc 17127	Virginia bunch	*Hypogaea hypogaea*
9	PI 240553	Spanish	*Fastigiata valgaris*
10	PI 314817	Valencia	*Fastigiata Fastigiata*
11	Honghua 1（紅花）	Spanish	*Fastigiata valgaris*
12	Spanish white（西班牙白）	Spanish	*Fastigiata valgaris*

SSR 基因座選殖及定序

SSR 基因座選殖利用 pGEM-T Easy Vector System (Promega Co., USA) 根據廠商建議步驟，取 3 μL PCR 產物加入 5 μL 2X rapid ligation buffer、3U T4 DNA ligase 以及 50 ng pGEM-T Easy Vector，混和均勻在室溫下反應 1 小時，同時取一管 ECOS™ 勝任細胞（益生生技，台灣），根據廠商建議步驟進行轉型作用，勝任細胞退冰後加入反應完成的接合質體震盪 1 秒，馬上放入冰上 2 分鐘，即可均勻塗佈 LB / Amp (LB broth with 1.5% agar and 50 ppm ampicillin) 平板培養基，於 37℃恆溫箱倒置培養 12 小時以上，隔日挑選白色菌落，委託台灣波士特生技公司進行解序，所得序列上傳至 SDSC Biology Workbench (http://workbench.sdsc.edu/) 網站進行相關比對分析。

結　果

落花生 SSR 標誌分析

以符合引子長度 18~26 鹼基、黏合溫度 55-60℃以及 PCR 擴增產物大小 500 bp 以下條件之 97 組落花生 SSR 引子，對 12 個試驗材料進行分析（表 1），每個紀錄條帶經過至少 3 次重複的 SSR 分析，篩選可獲得清晰條帶、條帶數目及大小具有穩定再現性的 77 組引子，其中包括 28 組針對 di-nucleotide 重複序列（ga 重複有 17 組）、38 組針對 tri-nucleotide 重複序列（taa 重複有 23 組）、1 組 tetra-nucleotide（ctca 重複）以及 9 條含有 2 種 repeat motif 的重複序列，僅 SSR 引子 PM-73 未登載重複序列類型（表 2）（He *et al*. 2003）。每個 SSR 引子組可獲得 1~3 個可辨識條帶（圖 2），以 SSR 引子組 pPGSseq11E11, pPGPseq2G3, PM238, Ah-075, Ah-594 測得最多 3 個條帶，平均值為 1.33 條 /SSR 引子組（1 條：56 組，2 條：15 組，3 條：5 組），一共測得 102 個條帶，SSR 增幅產物（條帶）大小則介於 100 至 445 bp 之間（表 2）。

每個 SSR 引子組偵測到 1~6 個對偶基因，其中以基因座 pPGPseq5D5 和 PM36 觀測到最多 6 個（圖 3），計有 26 組具有多型性片段，平均 1.7 對偶基因 / SSR 基因座。在 102 個觀測條帶總共有 33 個多型性條帶約佔總數 32%。此外，有 13 個 SSR 引子組測得品種專一性條帶（表 3），栽培品種 PI 314817 和 NCAcc17127 分別觀測最多 5 個品種專一性條帶，其中 SSR 引子組 pPGSseq9B4 和 pPGSseq11G3 可同時區別兩者與其他試驗材料（圖 4），其次為 CJ444 觀測 4 個，國內育成品種台南 10 號僅發現一個專一性條帶（圖 4），可作為品種鑑定參考，PI314817 和 NCAcc17127 還同時共有 4 個與其他品種（系）不同之特殊條帶 (pPGSseq9A7, pPGSseq19E9, pPGSseq16F1, pPGSseq10D4)。

落花生 SSR 序列分析

在本實驗的 77 組 SSR 引子分析，發現部份條帶與 He 等人 (2003) 和 Moretzsohn 等人 (2005) 的結果有差異，包括有 20 組引子產生的條帶數目與大小上有差異，另外，有 6 組 SSR 引子對並未記載預期片段大小（PM65, PM137, PM188, PM201, PM204, PM238），於是針對這兩部分有差異的 SSR 基因座，分別挑選 3 個 SSR 引子組及部分 PCR 產物有差異的樣品進行解序，利用商業化 pGEM-T Easy 殖體直接選殖 PCR 產物並作解序（表 4），結果落花生 SSR 引子組 pPGSseq17G6 觀測到 2 組相異條帶，分別為 pPGSseq17G6a 275~296 bp 和 pPGSseq17G6b 236~241 bp，此外，確認兩端序列與選用的專一性 SSR 引子序列相符，並且在序列中沒有發現任何明顯的 TTG motif；

表 2. 落花生 SSR 分子標誌分析之引子及 PCR 產物

Table 2. List of SSR primers used in 12 peanut cultivars, and the products of PCR amplification

Primer	Size (bp)	Number of bands	No. of distinguishable patterns	SSR Motif	Primer	Size (bp)	Number of bands	No. of distinguishable patterns	SSR Motif
pPGSseq11E11	186	3	2	ga	pPGSseq14F4	163	2	1	taa
pPGSseq13E6A	252	1	1	taa	pPGSseq15C12	274	2	3	taa
pPGSseq14E10	151	1	1	ttg	pPGSseq16F1	271	1	3	taa
pPGSseq15B1	116	1	1	taa	pPGSseq16G8	194	1	2	taa
pPGSseq17G6	249	2	5	ttg	pPGPseq2C11	264	1	1	taa/cac
pPGSseq18B8	254	2	1	taa	pPGPseq3A1	238	1	2	taa
pPGSseq18G10	254	1	1	ttg	pPGPseq2G3	215	3	1	taa
pPGSseq9A7	280	1	3	taa	pPGSseq11G3	224	1	3	ctt
pPGPseq3F1	290	1	1	ctca	pPGSseq16F10	298	1	1	ga
pPGPseq3E10	276	1	1	taa	pPGSseq15D3	289	1	2	ga
pPGPseq7H6	300	1	1	ctt	pPGPseq5D5	274	2	6	ga
pPGPseq3D9	292	1	1	ga/gt	pPGSseq18C2	139	1	1	at
pPGSseq9F1	240	1	1	at	pPGPseq3A8	152	1	1	taa
pPGSseq11H1	162	1	1	ga	pPGPseq2G4	289	1	2	taa
pPGSseq12E10	288	1	1	taa	pPGSseq19D9	271	1	3	taa
pPGSseq17E3	193	1	1	ctt	pPGPseq2D12B	265	1	3	taa
pPGSseq18A5	268	1	1	at/taa	pPGSseq15E12	135	1	1	at
pPGSseq19E9	255	1	2	taa	pPGSseq15E8	298	1	1	taa
pPGSseq9B4	254	1	3	ttg/taa	pPGSseq12B6	238	1	1	cta
pPGPseq1B9	282	2	1	ga	pPGSseq15F12	281	1	2	ga
pPGSseq12F7	290	1	1	taa	pPGSseq18G9	225	2	1	taa
pPGPseq8E12	198	1	3	ttg/taa	pPGSseq19F4	283	1	1	ga
pPGPseq8D9	132	2	3	ctt	PM-53	116	1	1	at
pPGPseq2F5	262	1	1	taa	PM-73	100	1	1	
pPGSseq18G1	277	2	1	taa	PM-210	179	1	3	ct
pPGPseq2E6	250	2	4	ga	PM65	210	1	1	ct
PM3	200	1	1	ga	PM137	150	1	1	ga
PM36	190	2	6	ga	PM188	100	1	1	ga
PM45	100	1	1	ga	PM201	223	2	1	ct
PM145	170	1	1	ct/ca	PM204	214	1	3	ga
PM183	100	1	5	ct	PM238	170	3	1	ct
PM200	150	1	1	ct/ca	Ah-075	149	3	1	aca
Ah-041	266	1	1	ctc/aac	Ah-325	230	1	1	ttg
Ah-193	445	1	1	aac/ga	Ah-594	184	3	1	aac
Ah-558	233	2	1	ttg	Ah-638	268	1	1	aac
Ah 4-26	150	2	3	ct	Ah-649	220	2	1	aac
PM-15	177	1	1	ga	Ah-715	112	1	1	aac
PM-32	103	1	1	ct					

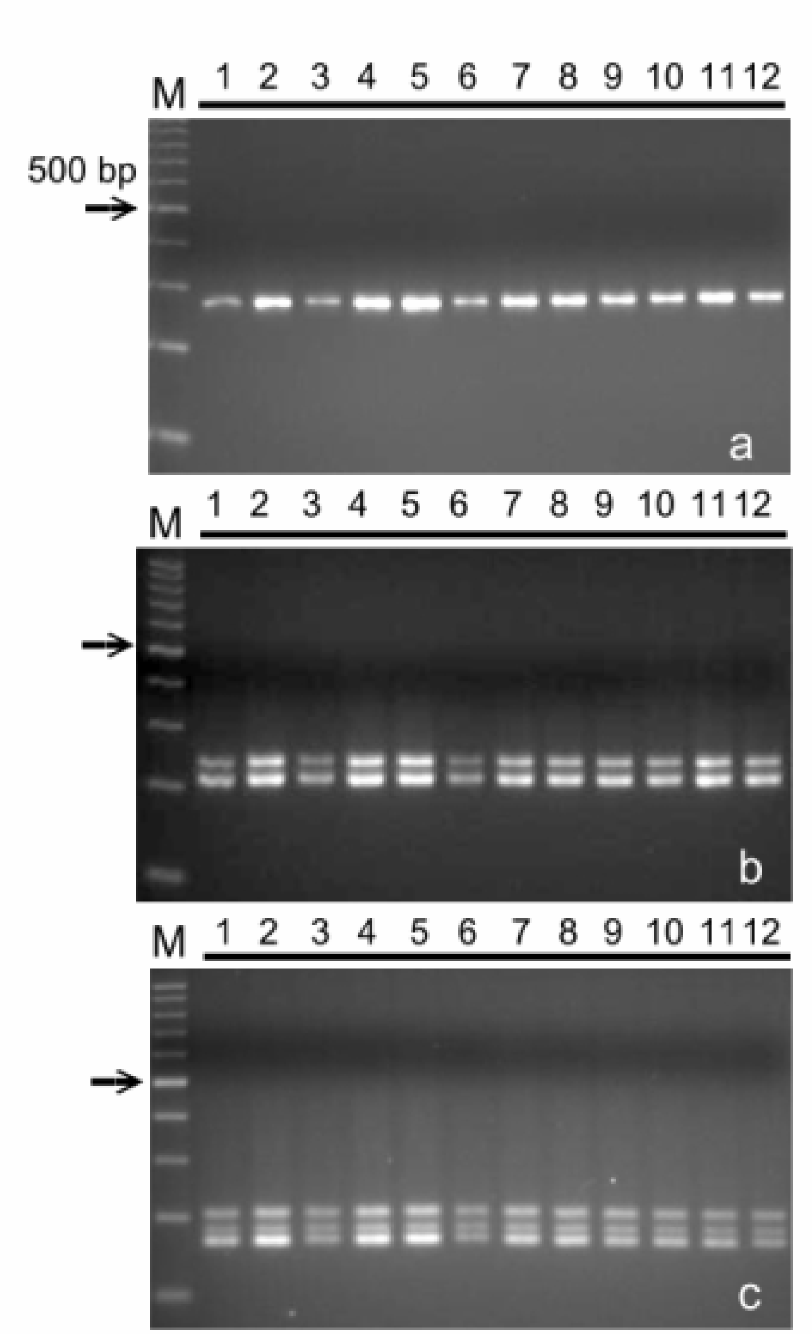


圖 2. 落花生以 (a). Ah-638、(b). Ah-649 以及 (c). Ah-594 引子擴增之 SSR 圖譜，每個 SSR 引子組分別測得 1-3 個條帶。(1~12 爲落花生品種代號，詳見表 1)

Fig. 2. Amplification profiles of 12 cultivars (lines) of peanut using (a). Ah-638, (b). Ah-649, and (c). Ah-594 as SSR primers revealed 1-3 fragments. (Line numbers at top refer to the number in Table1. M=100 bp DNA ladder).

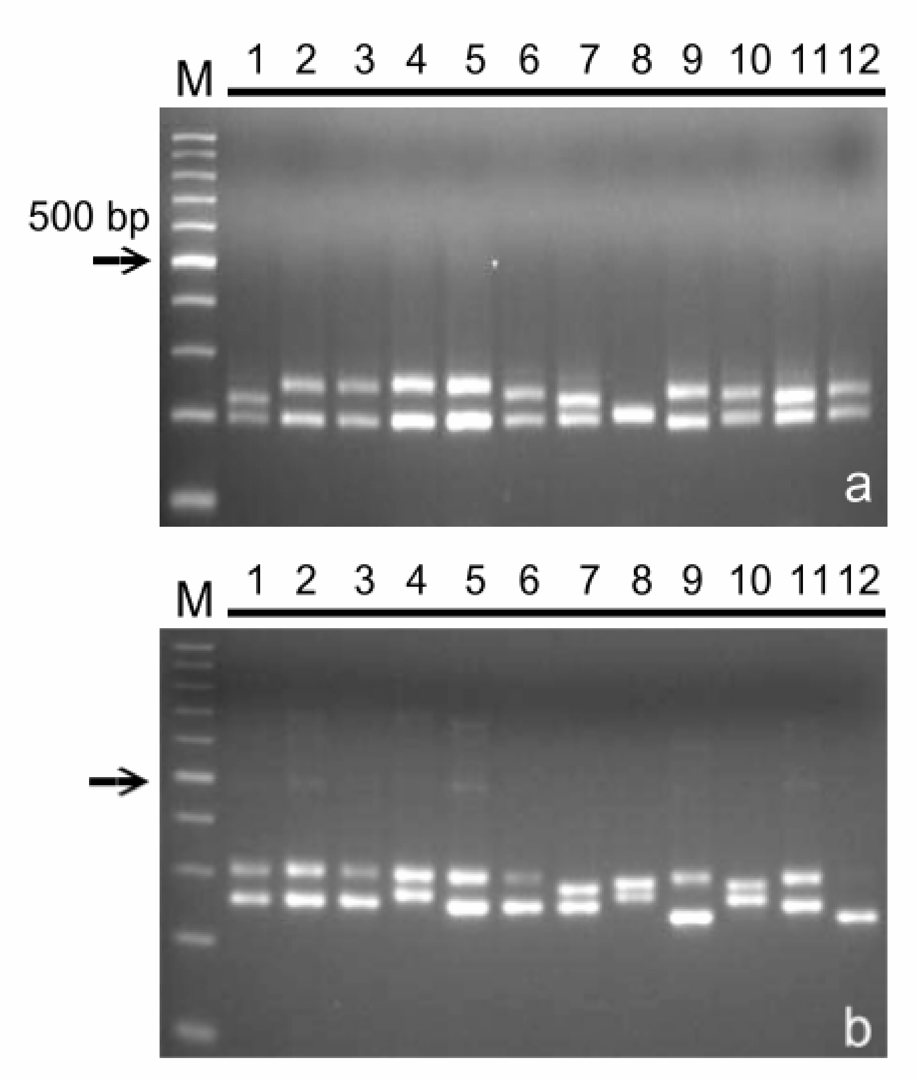


圖 3. 以 (a). PM36 和 (b). pPGPseq5D5 爲引子之 12 個落花生 SSR 多型性圖譜。(1~12 爲落花生品種代號，詳見表 1)

Fig. 3. The polymorphic SSR patterns of 12 cultivars (lines) of peanut obtained using primers PM36 and pPGPseq5D5. (Line numbers at top refer to the number in Table 1. M= 100 bp DNA ladder).

表 3. 鑑別落花生品種（系）之 SSR 引子

Table 3. SSR primers for differentiating peanut cultivars

Cultivar	Primer revealing specific fragments
Tainan No.10	pPGPseq2D12B
CJ444	pPGSseq18A5, pPGSseq13A10, pPGSseq16G8, pPGPseq5D5
NC Acc 17127	pPGSseq11E11, pPGSseq9B4, pPGSseq11G3, PM36, Ah 4-26
PI 314817	pPGSseq9B4, pPGSseq11G3, pPGSseq15D3, pPGPseq8D9, PM-210

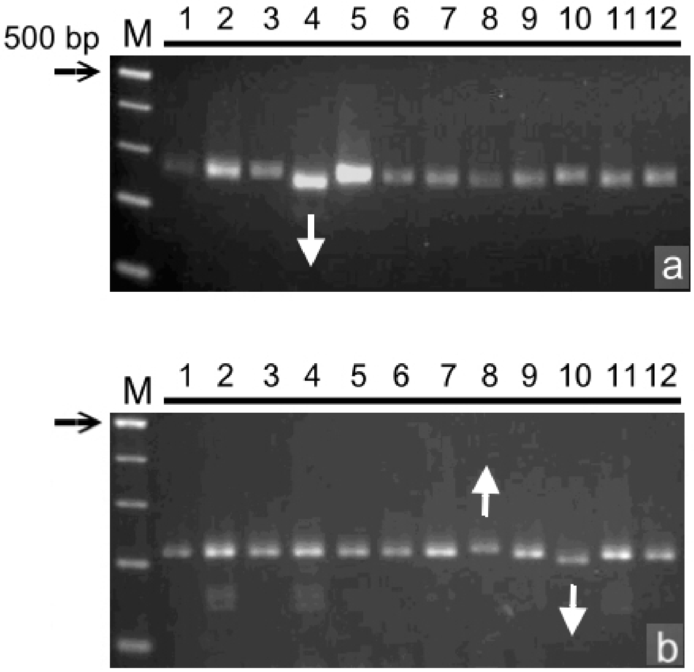


圖 4. 鑑別落花生品種之 SSR 標誌，以 (a). pPGPseq2D12B 和 (b). pPGSseq11G3 為引子可分別鑑別台南 10 號、NCAcc17127 以及 PI314817。(1~12 為落花生品種代號，詳見表 1)

Fig. 4. SSR markers for identification of peanut cultivars Tainan No. 10, NCAcc17127, and PI314817 obtained using primers (a). pPGPseq2D12B and (b). pPGSseq11G3, respectively. (Line numbers at top refer to the number in Table 1. M= 100 bp DNA ladder).

表 4. 國內落花生栽培種 SSR 引子序列、片段大小、重複序列類型以及解序樣品

Table 4. Characterization of SSR loci in Taiwan cultivated peanut primer pairs, fragment size, repeat motif, and sequenced samples

SSR locus	Primer pairs (5'→3')	Size (bp)	Repeat motif/ similar loci	Variety^z
pPGSseq17G6a	AACGACAACGACAACGACAA TCCACTATACAGTTGGGGGC	296/288/276/275	Ah-371	2, 3, 6, 7, 10
pPGSseq17G6b		241/236	Ah-371	
pPGSseq9F1	GCCTAGTGTGCAAAGGTGCT CACCTGATGTGTAGTGAGGCA	240	(AT) 5	2, 5, 10
PM-32	AGTGTTGGGTGTGAAAGTGG GGGACTGGGAACAGTGTTTATC	103	(CT)8(CT/G)(CT)7	3, 8, 10
PM188	GGGCTTCACTGCTTTTGATT TGCGACTTCTGAGAGGACAA	100/102	(GA)7/6	3, 4, 10
PM201a	CCTTTATAGAGGACCTTCCCTCTC GCCTATTTGGTATCGGCTCA	223/225	(CT)19/20	2, 5, 10
PM201b		138	PM201/PM347a	
PM204	TGGGCCTAAACCCAACCTAT CCACAAACAGTGCAGCAATC	224/220/218/214	(GA)24/22/21/19	1, 3, 9, 10

^{z} Variety numbers refer to the number in Table1.

pPGSseq9F1 預期產物大小 296 bp 屬於 AT 雙鹼基重複，結果在參試品種（系）觀測值爲 240 bp 並發現 (AT) 5 的重複序列；PM-32 預期產物大小爲 90 bp，經過解序後確認含有 (CT) 16 motif 並且在不同品系中發現一個單核酸多型性 (single nucleotide polymorphism, SNP)；PM188 經解序後得知產物大小爲 100/102 bp，不同參試材料僅相差一個 GA 重複序列；PM201 產物屬於 CT 雙鹼基重複，也是發現兩組條帶產生其一記載爲 PM201a，條帶大小是 223 和 225 bp，不同樣品間相差一個 CT motif，另一記載爲 PM201b 138 bp 並未發現有明顯的重複序列；PM204 產物屬於 GA 雙鹼基重複，解序大小爲 214/218/220/224 發現有 4 個對偶基因 (GA) 24/22/21/19（圖 5），對偶基因數目高於直接觀測電泳圖譜。

討 論

本實驗一共篩選出 77 組 SSR 引子進行分析（表 2），其中以 23 組針對 taa 重複序列最多，其次爲 17 組 ga 重複序列，同時 tri-nucleotide 重複序列數目高於 di-nucleotide，在 Ferguson 等人(2004) 落花生 SSR 序列分析中指出，所有分離鑑定的 110 個落花生 SSR 序列以 taa (29%) 與 ga (28%) 重複序列比例最高；此外，Moretzsohn 等人 (2005) 利用 EST 資料庫評估落花生基因組中 tri-nucleotide 重複序列佔全體 73.2%，di-、tera-以及 penta-nucleotide 重複序列分別爲 22.2%、3.3%以及 1.3%，顯示本實驗引子的選擇大致符合落花生基因組的特性。而每個 SSR 引子觀測到 1-3 個條帶，與國外落花生栽培種平均 1~3.02 相近 (Krishna *et al.* 2004)，但是和先前黃等人 (2001) 利用水稻和玉米的 SSR 引子分析落花生種間雜交種，結果觀測到 4~11 個條帶有明顯落差，可能的原因是由於落花生栽培種是異質四倍體，因此以水稻及玉米 SSR 引子偵測到落花生不同基因組重複的 SSR 基因座。而本實驗採用的落花生 SSR 引子多數是利用重複序列作爲雜合探針，自基因庫中“釣取”具有重複序列的殖系，經過解序和引子設計過程，並且排除重複的序列，所以專一性較高（Moretzsohn *et al.* 2004）。

```
                  5'
                  ------------->
PM204_TN5         TGGGCCTAAACCCAACCTATATATGCCTCCTTCAAAGGCCATTTCATCACATTATAACACAACAC   60
PM204_TN7         TGGGCCTAAACCCAACCTATATATGCCTCCTTCAAAGGCCATTTCATCACATTATAACACAACAC   60
PM204_PI240553    TGGGCCTAAACCCAACCTATATATGCCTCCTTCAAAGGCCATTTCATCACATTATAACACAACAC   60
PM204_PI314817    TGGGCCTAAACCCAACCTATATATGCCTCCTTCAAAGGCCATTTCATCACATTATAACACAACAC   60

PM204_TN5         ATTGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGTGCAACTG   120
PM204_TN7         ATTGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAG---------TGCAACTG   116
PM204_PI240553    ATTGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAG------------TGCAACTG   114
PM204_PI314817    ATTGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAG---------------------TGCAACTG   110

PM204_TN5         AGATGAGAAGAGAGTGTGGTGAAGAACCAAAACCCTAACCCCTTTTTGATCTTCAAAGCTTTT   180
PM204_TN7         AGATGAGAAGAGAGTGTGGTGAAGAACCAAAACCCTAACCCCTTTTTGATCTTCAAAGCTTTT   176
PM204_PI240553    AGATGAGAAGAGAGTGTGGTGAAGAACCAAAACCCTAACCCCTTTTTGATCTTCAAAGCTTTT   174
PM204_PI314817    AGATGAGAAGAGAGTGTGGTGAAGAACCAAAACCCTAACCCCTTTTTGATCTTCAAAGCTTTT   170
                                                    3'
                                         <-----------
PM204_TN5         CTATAACTTTCTCTTCGAAACTCTGATTGCTGCACTGTTTGTGG 224
PM204_TN7         CTATAACTTTCTCTTCGAAACTCTGATTGCTGCACTGTTTGTGG 220
PM204_PI240553    CTATAACTTTCTCTTCGAAACTCTGATTGCTGCACTGTTTGTGG 218
PM204_PI314817    CTATAACTTTCTCTTCGAAACTCTGATTGCTGCACTGTTTGTGG 214
```

圖 5. 落花生 SSR 基因座 *PM204* 多序列比對分析。

Fig. 5. Multiple sequence alignment of peanut SSR locus *PM204*. The primer position is indicated by arrowhead, GA motif region by underline, and mismatch by dashed-line. TN5: Tainung No. 5, TN7: Tainung No.7.

目前已公佈超過 400 個花生 SSR 基因座，每個 SSR 基因座的平均對偶基因數目介於 4.25-6.9 (He *et al.* 2003, Krishna *et al*. 2004) ，本實驗測得數據 1.74 對偶基因 / SSR 基因座數目低於平均值，可能的解釋是在育種過程中因為重覆使用少數的優良親本，導致落花生栽培品種之遺傳變異狹小，如 SpanishWhite 同時是台農 4、5、6 號的親本 (Huang *et al.* 1996)，導致對偶基因數目的減少，在小麥栽培品種遺傳變異的研究中也發現相似的情形，人為的育種選拔造成的遺傳歧異的減少，比引種導入新的基因型的速度來的快 (Roussel *et al*. 2005) ，此外，本實驗選用 3% Agarose SFR^{TM} 瓊膠作為 SSR 基因座電泳分析，不論在膠體備製與染色上具有操作簡便的優點 (Huang *et al.* 1996)，但是解析度和靈敏度較利用傳統 6%聚丙醯胺膠體差，造成觀測的對偶基因數目偏低，SSR 基因座解序資料也證實對偶基因的數目受到低估。此外，有 20 組引子的擴增產物無法精確鑑別，包含產生不專一的 PCR 產物，或是未能獲得清晰的結果，可能的原因有引子設計不良，造成 PCR 反應引子黏合效率不佳，部份的無效對偶基因 (null allele) 甚至可能是品種（系）特徵，但仍無法完全排除是過程中人為的實驗誤差。

本實驗中多型性引子組和多型性條帶數目約佔整體 32%，相近於國外栽培種花生 SSR 研究的結果 (34%) ，較范等人 (1999) 以 RAPD 分析台灣落花生種原的引子多型性比率 5.5%及條帶多型性比率 9.9%高出 3 倍以上，顯示相較於 RAPD 可以減少實驗數目而達到相同的效果，同時 SSR 標誌不論在可靠性再現性也明顯優於 RAPD，因此適合作為落花生遺傳變異之研究。栽培種落花生分為 2 亞種 *Arachis hypogaeae* spp. *hypogaea* 及 *Arachis hypogaeae* spp. *Fastigiata*，依其植物型態共可分為 Spanish、Valencia、Virginia bunch、Virginia runner 四型，范等人 (1999) 以 11 個 RAPD 引子分析 30 個國內落花生栽培品種（系），雖然可以區分不同的育種系統及未參與的國外引種材料，但是同一育種系統內不同植物型材料卻落在相同分群，本實驗所使用落花生台農 6 號和 7 號及相關親緣共 12 個品種（系），除了 Virginia bunch 植物型 NCAcc17127 和 Valencia 植物型 PI314817 其餘都是 Spanish 植物型，並且兩者各有 5 個品種專一性條帶，及 4 個共通的多型性條帶，分別可以與台農 6 號和 7 號及其他 8 個 Spanish 植物型的育種系統區別，顯示相較於 RAPD 標誌，SSR 標誌更適合栽培種落花生種原管理之應用。

本實驗發現 26 個 SSR 基因座的參考資料不齊全或是與實驗觀測結果有明顯的出入 (He *et al.* 2003, Moretzsohn *et al.* 2005)，所以挑選 6 個落花生 SSR 基因座並針對部分的參試品種（系）進行解序分析，結果發現的確與資料有不相符之處，pPGSseq17G6 同時偵測到 2 個條帶，其中 pPGSseq17G6a 不同品種（系）的差異較大，先行確認 PCR 產物兩端的序列與參考資料一致，排除引子序列錯誤的可能性，台農 6 號 pPGSseq17G6a 序列與資料庫落花生 SSR 基因座 *Ah-371* 相似，pPGSseq17G6b 也同樣未發現記載的 TTG motif，顯示這一序列有比較大的變化，可能是因為落花生栽培種是異質四倍體，所以 SSR 引子增輻基因組中相似但不相同於目標 SSR 位置；pPGSseq9F1 基因座預期產物大小為 296 bp，而國內落花生栽培種觀測到 240 bp 片段，序列中確實有 SSR $(AT)_5$ motif，這樣的差異應該是品種特性的關係，前人研究中指出有越多的重複套數，多型性的程度也較高，而落花生 AT motif 有最高的平均 19.5 個重複套數 (Ferguson *et al.* 2004)；*PM-32* 基因座並未記載序列重複 motif 類型，經過選殖解序後確定屬於 CT motif，在 PI314817 品系序列中發現單一核酸變異 (SNP) 是最小的序列差異，並無法利用普通電泳分析發現此類多型性變異，須藉由特定的核酸內切酶如 *Cel* I 的作用，才能在傳統電泳分析中顯示出差異；引子 PM188 擴增產物解序得知條帶大小分別是 100 和 102 bp，不同對偶基因僅相差 2 bp，不容易利用瓊膠電泳找出差異；引子 PM201 同時測到兩個多型性條帶，分別以 PM201a 和 PM201b 表示，其中 PM201b 的序列未發現

CT motif，兩端序列相似於落花生 SSR 基因座 PM201 和 PM347a，由於微衛星序列大量遍佈在基因組中，可能是演化過程中退化喪失重複序列；PM204 基因座四個解序的樣品帶有不同的對偶基因，並未在高解析瓊膠電泳中發現差異，雖然瓊膠電泳可以簡化分析過程，加快分析效率，但是因此降低了條帶的解析度，整體而言 SSR 分析應根據不同的實驗需求選擇合適的 PCR 產物分析方式。本實驗發現栽培種落花生 SSR 標誌中存有許多遺傳變異，包括缺失、重複次數差異以及 SNP，較 RPAD 及 ISSR 標誌更適合落花生遺傳變異研究，值得進一步開發利用，但缺點是 SSR 分析成本高，限制應用的普遍性。台灣落花生栽培種的遺傳變異狹小，易引發遺傳脆弱性的問題，故近緣野生種引進有助於擴大變異及花生銹病與葉斑病抗性種原的利用 (Hung *et al*. 1999)，可是 DNA 層次的變異相對低落，爲了達到育種與種原管理目的，需要建立新的遺傳分析系統，本實驗是國內首次採用落花生 SSR 標誌，建立落花生重複序列分析流程，完成初步的 DNA 指紋資料，並顯示 SSR 標誌可作爲種原管理與品種鑑定；並且針對落花生多型性之重複序列進行鑑定與描述，希望將來能利用於落花生遺傳圖譜建立、分子標誌輔助育種、抗性基因選殖以及物種內演化關係建立等用途。

引用文獻 (Literature cited)

Bornet, B., and M. Branchard. 2001. Nonanchored Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) Markers: Reproducible and specific tools for genome fingerprinting. Plant Mol. Biol. Rep. 19:209-215.

Fan, M. J., S. F. Lo, J. Y. Wang, T. R. Shu, W. L. Tsaus, K. H. Yang, and Y. S. Cheng. 1999. Studies on the genetic relationship of peanut germplasm in Taiwan. J. Agric. Res. China 48:67-85. (in Chinese with English abstract)

Ferguson, M. E., M. D. Burow, S. R. Schulze, P. J. Bramel, A. H. Paterson, S. Kresovich, and S. Mitchell. 2004. Microsatellite identification and characterization in peanut (*A. hypogaea L.*). Theor. Appl. Genet. 108:1064-1070.

He, G. R. Meng, M. Newman, G. Gao, R. N. Pittman, and C. S. Prakash. 2003. Microsatellites as DNA markers in cultivated peanut (*Arachis hypogaea L.*) BMC Plant Biol. 3:3.

Hopkins, M. S., A. M. Casa, T. Wang, S. E. Mitchell, R. E. Dean, G. D. Kochert, and S. Kresovich. 1999. Discovery and characterization of polymorphic simple sequence repeats (SSRs) in peanut. Crop Sci. 39:1243-1247.

Huang, H. J., W. L. Tsaus, K. H. Yang, and J. N. Tsai. 1996. Evaluation of agronomic characteristics for the introduced wild peanut. J. Agric. Res. China 45:15-25. (in Chinese with English abstract)

Huang, H. J., W. L. Tsaus, S. F. Lin, J. S. Hsieh, and J. N. Tsai. 1999. Identification and characteristic analysis of interspecific hybrids of peanut. J. Agric. Res. China 48:40-51. (in Chinese with English abstract)

Huang, H. J., S. F. Lin, and J. S. Hsieh. 2001. Identification of the inconsistence between genomic constitution and phenotypic variation in interspecific hybrids (4x × 2x) of peanut with DNA marker. 2001. J. Agric. Res. China 50:12-24. (in Chinese with English abstract)

Jeffreys, A. J., V. Wilson, and S. L. Thien. 1985. Individual-specific “fingerprinting” of human DNA. Nature 316:76-79.

Krishna, G. K., J. Zhang, M. Burow, R. N. Pittman, S. G. Delikostadinov, Y. Lu, and N. Puppala. 2004. Genetic diversity analysis in Valencia peanut (*Arachis hypogaea* L.) using microsatellilte markers. Cell. Mol. Biol. Lett. 9:685-697.

Moretzsohn Mde C., M. S. Hopkins, S. E. Mitchell, S. Kresovich, J. F. Valls, and M. E. Ferreira. 2004. Genetic diversity of peanut (*Arachis hypogaea* L.) and its wild relatives based on the analysis of hypervariable regions of the genome. BMC Plant Biol. 14:4-11.

Moretzsohn Mde C., L. Leoi, K. Proite, P. M. Guimaraes, S. C. M. Leal-Bertioli, Ma. A. Gimenes, W. S. Martins, J. F. M. Valls, D. Grattapaglia, and D. J. Bertioli. 2005. A Microsatellite-based, gene-rich linkage map for the AA genome of *Arachis* (Fabaceae). Theor. Appl. Genet. 111:1060-1071.

Roussel, V., L. Leisova, F. Exbrayat, Z. Stehno, and F. Balfourier. 2005. SSR allelic diversity changes in 480 European bread wheat varieties released from 1840 to 2000. Theor. Appl. Genet. 111:162-170.

Staub, J. E., and F. C. Serquen. 1996. Genetic markers, map construction, and their application in plant breeding. Hortic. Sci. 31:729-739.

Microsatellites as DNA Markers in Taiwan Cultivated Peanut[1]

Jen-Ren Chen[2], Kin-Hsing Yang[3], Tung-Hai Tseng[3], Toong-Long Jeng[3] and Min-Tze Wu[2,4]

Abstract

Chen, J. R., K. H. Yang, T. H. Tseng, T. L. Jeng, and M. T. Wu. 2007. Microsatellites as DNA markers in Taiwan cultivated peanut. J. Taiwan Agric. Res. 56:176-188.

The objectives of this work were to establish simple sequence repeat (SSR) DNA fingerprinting database and characterized SSR polymorphism in local peanut cultivars (*Arachis hypogaea* L.). In this investigation, 12 peanut cultivars were analyzed by using 97 SSR primer pairs. Seventy-seven SSR markers showed clear patterns and a total of 102 bands were recorded. Twenty-six SSR loci revealed polymorphism 13 of them were specific for cultivar identification. The average number of alleles per locus was 1.74, and up to 6 alleles were found at one locus. Six SSR loci in tested cultivars were sequenced for allele identification. The results indicated that different type of variation in SSR loci, including single nucleotide polymorphism (SNP), tandem repeat numbers, and non-repeat sequence locus. The results revealed that SSR markers produced a higher level of DNA polymorphism than other DNA markers in cultivated peanuts.

Key words: Cultivated peanut (*Arachis hypogaea* L.), Molecular marker, Simple sequence repeat (SSR).

---

1. Contribution No. 2293 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted:August 5, 2007.
2. Respectively, Research Assistant ,Researcher and Senior researcher and Head of Biotechnology Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Researcher, Crop Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding auther, e-mail:wu@wufeng.tari.gov.tw; Fax:(04)23302806.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 56(3):189-205 (2007)

蒸煮方式和乾燥復水對落花生果實化學成分及質地之影響[1]

蔡淑珍[2,4] 吳宗諺[2] 楊金興[3] 劉慧瑛[2] 廖慶樑[2]

摘　　要

蔡淑珍、吳宗諺、楊金興、劉慧瑛、廖慶樑。2007。蒸煮和乾燥復水對落花生果實化學成分之影響。台灣農業研究 56:189-205。

本研究乃分析立枝仔反、台農 6 號、台南選 9 號及台南 11 號等 4 個不同品系落花生生仁與莢果花生的化學成分及蒸煮性狀，探討落花生帶殼蒸煮與否、不同蒸煮方式、以及乾燥花生復水利用對其成分變化之影響。分析項目包括水分、粗蛋白質、粗脂肪、粗纖維、灰分、礦物質組成、可滴定酸、甲醛態氮、水溶性醣及水溶性蛋白質等項。結果顯示蒸煮花生熟仁的可滴定酸、甲醛態氮、水溶性醣及水溶性蛋白質較新鮮生仁明顯減少，而不溶固形物含量則增加。推測蒸煮過程除造成部分成分流失外，並使部分水溶性成分轉變為不溶性。帶殼蒸煮熟仁的水溶性成分及不溶固形物含量較去殼蒸煮熟仁為高。利用殺菌釜高壓方式可以明顯縮短蒸煮時間，整體而言，高壓水煮優於其他蒸煮方式。利用真空浸水方式能使莢果乾燥花生達到良好復水情形。乾燥花生生仁除可滴定酸較新鮮生仁低外，其餘的化學成分變化不大。復水花生的生仁和熟仁大部分化學成分與新鮮的生仁和熟仁相近，惟浸水過程明顯造成鐵、錳和銅等礦物質組成的流失。

關鍵詞：莢果花生、花生仁、化學成分、蒸煮方式、復水。

前　　言

有關落花生的加工，在國內已有眾多的研究，其內容包括花生醬、花生油、花生糖、焙炒花生、花生仁湯等。前人研究認為落花生成分及加工特性受品種、地區和採收期作而有所差異 (Tseng *et al.* 1991; Liu *et al.* 1993; Bett *et al.* 1994)。依據 Tsai *et al.* (1991) 之報告，不同落花生品系除影響花生仁平均粒徑大小及組成分外，亦影響其加工特性；惟報告中僅提及花生仁之水分、粗蛋白質和粗脂肪物質等，有關莢果對花生加工特性之影響並無報導。Lii & Chang (1991) 雖探討台南選 9 號花生生仁在烹煮過程中物化特性之變化，但對不同品系花生莢果之烹煮性狀則未論及。Tsai *et al.* (1991) 曾分析台南選 9 號及台南 11 號不同成熟度及不同處理下之花生生仁可溶性醣類與游離胺基酸含量。花生生仁焙炒時色澤、組成分和酵素活性變化受水份含量之影響 (Chiou & Tsai 1989; Chiou *et al*. 1991)。利用真空浸漬法，加速帶殼花生浸漬調味的效果 (Cheng & Tsai 1991)。Mondoulet *et al*. (2005) 報告水煮花生的致過敏性較烘焙花生為低，推測乃由於花生中的低分子過敏原在水煮過程中釋放於水中。亦有學者利用花生復水探討花生生仁水分含量對其物性與質地變化之影響 (Aydin 2007)。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2294 號。接受日期：2007 年 07 月 31 日。
2. 本所農化組副研究員、聘用人員、前研究員、研究員兼組長。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 本所作物組副研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
4. 通訊作者，電子郵件：sjtsai@wufeng.tari.gov；傳真機：(04)23302805。

目前市售落花生莢果製品有焙炒、烘乾和冷凍等不同產品，其中冷凍產品為新鮮莢果水煮後快速凍結之產品 (Tsai *et al.* 1993)。落花生產期集中，冷凍花生加工又受限於新鮮莢果，所以乾燥花生的復水利用於冷凍加工值得考慮。本試驗主要分析並了解不同品系落花生原料於蒸煮過程時化學組成分與加工蒸煮性狀的變化，探討蒸煮時花生帶殼與否，和不同蒸煮方式對花生成分變化之影響。本試驗同時將乾燥花生經復水後加以蒸煮，比較其化學成分與新鮮蒸煮花生的差異。

材料與方法

試驗原料及樣本前處理

試驗材料立枝仔反、台農 6 號、台南選 9 號、台南 11 號等秋作不同落花生品種（系）。採自台南區農業改良場、台南善化、雲林崙背及元長，和彰化大城等地區收成之新鮮花生莢果，部分加以去殼取花生仁，以新鮮樣本或乾燥磨粉後進行原料分析。同時，新鮮莢果或去殼花生進行蒸煮試驗，或於烘箱 50℃下 2 天加以乾燥後常溫下儲存以供乾燥花生復水試驗。

莢果蒸煮對花生成分之影響

利用傳統蒸鍋進行蒸煮處理，將花生莢果及去殼花生仁分別投入沸水（去離子水）中繼續煮 5 分鐘，迅速取出後放入已沸蒸鍋之蒸盤上，隔水小火燜蒸一小時，然後熄火燜 30 分鐘，取出冷卻至室溫後，進行樣品前處理及分析。比較各品種蒸煮花生化學成分的變化，和帶殼蒸煮對落花生成分變化的影響。

蒸煮方式對花生成分之影響

以落花生台南 11 號為原料，將莢果或去殼花生經下列不同蒸煮方式處理：1. 浸入沸水中水煮；2. 置於已沸蒸鍋之蒸盤上隔水燜蒸；3. 置於燒杯內，於殺菌釜內高壓蒸煮；4. 置於燒杯內浸水，再於殺菌釜內高壓水煮。落花生以不同蒸煮方式分別經不同蒸煮時間後，取出冷卻去膜剝瓣，利用物性測定儀 (FUDOH Rheometer NRM-2010J, Fudoh Kogyo. Co., Ltd., Tokyo, Japan) 進行切斷試驗 (Shearing test)，分析並比較不同蒸煮方式之花生質地隨蒸煮時間的變化情形。

根據上述花生質地變化結果，依不同蒸煮方式選擇不同蒸煮時間，分別為常壓蒸氣蒸煮或水煮 80 分鐘，及高壓蒸氣蒸煮或高壓水煮 15 分鐘。花生經不同蒸煮方式處理後冷卻至室溫以進行分析，比較不同蒸煮方式對落花生化學成分變化之影響。

乾燥復水對花生成分之影響

乾燥花生復水處理分為二種，以台農 6 號為試驗原料，將乾燥莢果或去殼花生分別於常溫常壓下浸水處理；或樣本放入燒杯內浸水，再置於真空乾燥器中經旋轉真空幫浦 (rotary vacuum pump) 抽氣共 3 分鐘。各處理於常溫下分別靜置不同時間後取出測定其水分含量，觀察其復水的情形。

將乾燥去殼花生仁經浸水過夜（18 小時）後擦乾備用。分別將去殼新鮮生仁、乾燥復水生仁及乾燥生仁以同上述莢果蒸煮試驗的蒸煮處理，冷卻後進行分析，比較乾燥復水花生的蒸煮熟仁和新鮮蒸煮熟仁化學成分變化之差異。

分析項目

所有處理的試驗樣本，或經去殼取仁後，乾燥磨粉或打漿後進行下列化學成分分析。(1) 水分：精秤 5 g 樣本在 105℃下乾燥過夜，秤至恆量，以乾燥前後重量差異計算水份含量。(2) 粗蛋白質：精秤 0.2 g 樣本，利用 Micro-Kjeldahl Method 分析方法，測出總氮含量 (N)，粗蛋白質含量以 N% * 5.46

表示之 (AOAC, 1984)。(3) 粗脂肪：精秤 1.0 克樣本，利用快速脂肪萃取裝置 (Tecator, Soxtec System HT2) 進行 Soxhlet 法萃取，以乙醚迴流抽出 1 小時後測定 (AOAC, 1984)。(4) 粗纖維：取萃取完粗脂肪之樣本，依 AOAC (1984) 方法，利用粗維測定裝置 (Tecator, Fibertec System I) 測定。(5) 灰分：精秤新鮮樣品 5 g 以 550℃灰化法測定 (AOAC, 1984)。(6) 碳水化合物：以 100%減去水分、粗蛋白質、粗脂肪、粗纖維及灰分所得之值。(7) 礦物質組成：測定灰分後之灰化樣本，以 3 N HCl 煮沸十分鐘溶出礦物元素，並加 0.2 N HCl 稀釋至 50 mL 後，用感應耦合漿－原子發射光譜分析儀 (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrophotometer, ICP-AES) Jobin-YvonJY38 Type III 測定礦物質元素含量。(8) 不溶固形物：參考 CNS 水果及蔬菜汁飲料檢驗法測定 (Chinese National Standards 2004b)。定量新鮮花生樣本，加去離子水打漿後並以水定量至 200 g，迴流煮沸 30 分鐘，以已乾燥秤量之 Whatman No.41 濾紙過濾，濾液收集備用，濾渣再用熱水充分洗滌後，在 105℃烘乾過夜，測定濾紙增加之重量，即不溶固形物。(9) 可滴定酸度：取測定不溶固形物時得到之濾液，參考國家標準方法 (Chinese National Standards, CNS) 水果及蔬菜汁飲料檢驗法測定 (Chinese National Standards 2004a)，以 0.01 N NaOH 滴定所得到之酸度值換算無水檸檬酸表示之。(10) 甲醛態氮：取測定不溶固形物時得到之濾液，參考 CNS 水果及蔬菜汁飲料檢驗法測定 (Chinese National Standards 2006)。(11) 水溶性蛋白：取測定不溶固形物時得到之濾液，定量取適當量稀釋，以 Lowry *et a*l. (1951) 方法之修飾法分析；其 A 液改爲 2% Na_2CO_3，不加 NaOH。(12) 水溶性醣：取測定不溶固形物時得到之濾液，定量取適當量稀釋，以酚－硫酸法 (Dubois *et al.* 1956) 測定濾液中之六碳糖含量，而以葡萄糖爲計算標準。

統計分析

利用 SAS 程式進行處理間之變方分析 F 檢定和正交比較 (orthogonal contrast)。依試驗數據資料計算各成分含量及質地（三重覆）之平均值 (mean) 和平均值標準誤差 (standard error of mean)，並於圖中以平均值直條圖和平均值標準誤差線表示。

結　果

莢果蒸煮對花生成分之影響

分析不同落花生品種的新鮮生仁、新鮮莢果蒸煮熟仁和去殼蒸煮熟仁之乾物成分，觀察蒸煮前後之花生成分變化，及帶殼蒸煮對花生成分變化的影響。依統計變方分析 F 值探討品種、蒸煮處理、及兩者之間的交感效應（表 1）。各品種間的粗蛋白質、可滴定酸度、可溶性醣含量、磷和鈣含量有顯著差異。新鮮生仁、莢果蒸煮熟仁和去殼蒸煮熟仁之間的大部分成分有顯著差異。進一步以正交比較 (Orthogonal contrast) 分析蒸煮對花生之成分影響，及帶殼與否對蒸煮花生成分之影響。結果顯示花生新鮮生仁 (FR) 和蒸煮花生（含去殼熟仁 KC 和莢果熟仁 ISC）之化學成分，如粗纖維、灰分、可滴定酸度、甲醛態氮、不溶固形物、水溶性醣、水溶性蛋白質、鉀、鈣、鎂和銅等含量均有顯著的差異。莢果蒸煮和去殼蒸煮熟仁的粗蛋白質、碳水化合物、可滴定酸度、甲醛態氮、不溶固形物、鉀、鈣和銅等含量有顯著差異。除粗蛋白質外，品系和蒸煮處理對新鮮花生成分變化的影響並無交感效應，表示蒸煮處理對花生成分的影響不因品種不同而不同。

品種間粗蛋白質、可滴定酸度和磷含量雖有統計上差異，但實際差距甚微；品種立枝仔反的可溶性醣含量明顯高於其他品種；台南選 9 號的鈣含量最高（圖 1，2）。品種間的其他化學成分則無明顯差異。

表 1. 蒸煮前後的不同花生品系乾物成分之變方分析 F 值

Table 1. F values of ANOVA for chemical characteristics (dry basis) of raw and cooked peanut cultivars

Factor	Df [z]	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Ash	CHO	Titratable acridity	Formol Nitrogen	Insoluble solid	Soluble saccharide	Soluble protein
Cultivar[y]	3	6.34**	1.07	2.41	0.78	1.94	3.57*	1.26	0.71	4.71*	2.16
Cooking	2	5.53*	1.62	10.25**	7.34**	3.10	327.55**	119.69**	139.01**	34.69**	837.73**
Contrast: FR vs. (KC & ISC)	1	0.25	0.14	19.44**	10.47**	0.89	553.54**	222.42**	256.05**	67.44**	1670.87**
Contrast: KC vs. ISC	1	10.81**	3.10	1.07	4.22	5.30*	101.57**	16.96**	21.98**	1.95	4.59
Cultivar*cooking	6	8.52**	0.38	1.42	0.33	0.98	1.10	1.02	1.02	0.28	2.79

Factor	df	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Cultivar	3	4.29*	0.55	30.55**	0.45	7.13**	0.15	7.51	1.67
Cooking	2	0.36	7.35**	25.11**	4.42*	1.34	0.23	68.74**	0.56
Contrast: FR vs. (KC & ISC)	1	0.42	5.56*	17.55**	7.33*	2.31	0.29	113.58**	0.70
Contrast: KC vs. ISC	1	0.30	9.14*	32.68**	1.52	0.37	0.17	23.91**	0.42
Cultivar*cooking	6	0.78	1.32	1.77	1.31	0.77	0.21	1.44	0.82

[z] df=degree of freedom; df of error=12.

[y] Cultivar: LCTF, TNG6, TNS9 and TN11; Cooking: treatments including raw, cooked kernerl (KC) and cooked in-shell (ISC) peanut.

[x] *,** significant at 0.05 and 0.01 probability, respectively.

就所有落花生品種，大抵而言，生仁和熟仁的灰分（圖 1）和鎂（圖 2）含量雖有統計上差異但實際差距甚微。生仁的粗纖維含量略高於熟仁，但莢果蒸煮和去殼蒸煮的熟仁則無顯著差異（圖 1）。生仁的可滴定酸度、甲醛態氮、水溶性醣、水溶性蛋白質和銅等成分含量顯著高於莢果蒸煮和去殼蒸煮熟仁；相反地，生仁的不溶固形物含量遠低於熟仁（圖 1，2）。莢果蒸煮熟仁之可滴定酸度、甲醛態氮、不溶固形物、水溶性醣和銅等成分含量顯著略高於去殼蒸煮熟仁（圖 1，2）。

蒸煮方式對花生成分及質地之影響

利用水煮、蒸氣煮、高壓蒸氣煮及高壓水煮等不同方式進行花生莢果及去殼花生蒸煮試驗，以觀察花生質地之變化，結果如圖 3 所示。在各不同蒸煮方式的莢果或去殼花生，花生抗壓值 (shear stress, g/cm^2) 均隨著加熱時間增加而降低，表示花生質地均隨著加熱時間的增長而軟化。於常壓下水煮或蒸氣煮，花生抗壓值隨加熱時間而緩慢下降，於 80 min 時抗壓值為 95.1-138.3 g/cm^2，莢果水煮和蒸氣煮之抗壓值均略低於去殼花生水煮和蒸氣煮（圖 3）。利用高壓蒸氣煮或水煮，花生質地於 10 min 時抗壓值迅速降至 126.8-179.3 g/cm^2，並隨加熱時間持續下降，於 25 min 時抗壓值為 60.9-121.2 g/cm^2。高壓水煮花生的抗壓值均略低於高壓蒸氣煮。顯示以高壓方式水煮和蒸氣煮花生可以明顯縮短加熱時間。

根據上述花生質地變化結果，花生於常壓下水煮或蒸氣煮 80 min 的抗壓值為 95.1-138.3 g/cm^2，而利用高壓水煮或蒸氣煮 15 min 就可以達到相近的抗壓值 (88.6-145.8 g/cm^2)，所以依不同蒸煮方式選擇不同蒸煮時間，分別為常壓蒸氣煮或常壓水煮 80 min，及高壓蒸氣煮或高壓水煮 15 min，再進一步探討不同蒸煮方式對化學組成分之影響。依統計變方分析 F 值探討花生形態（莢果或去

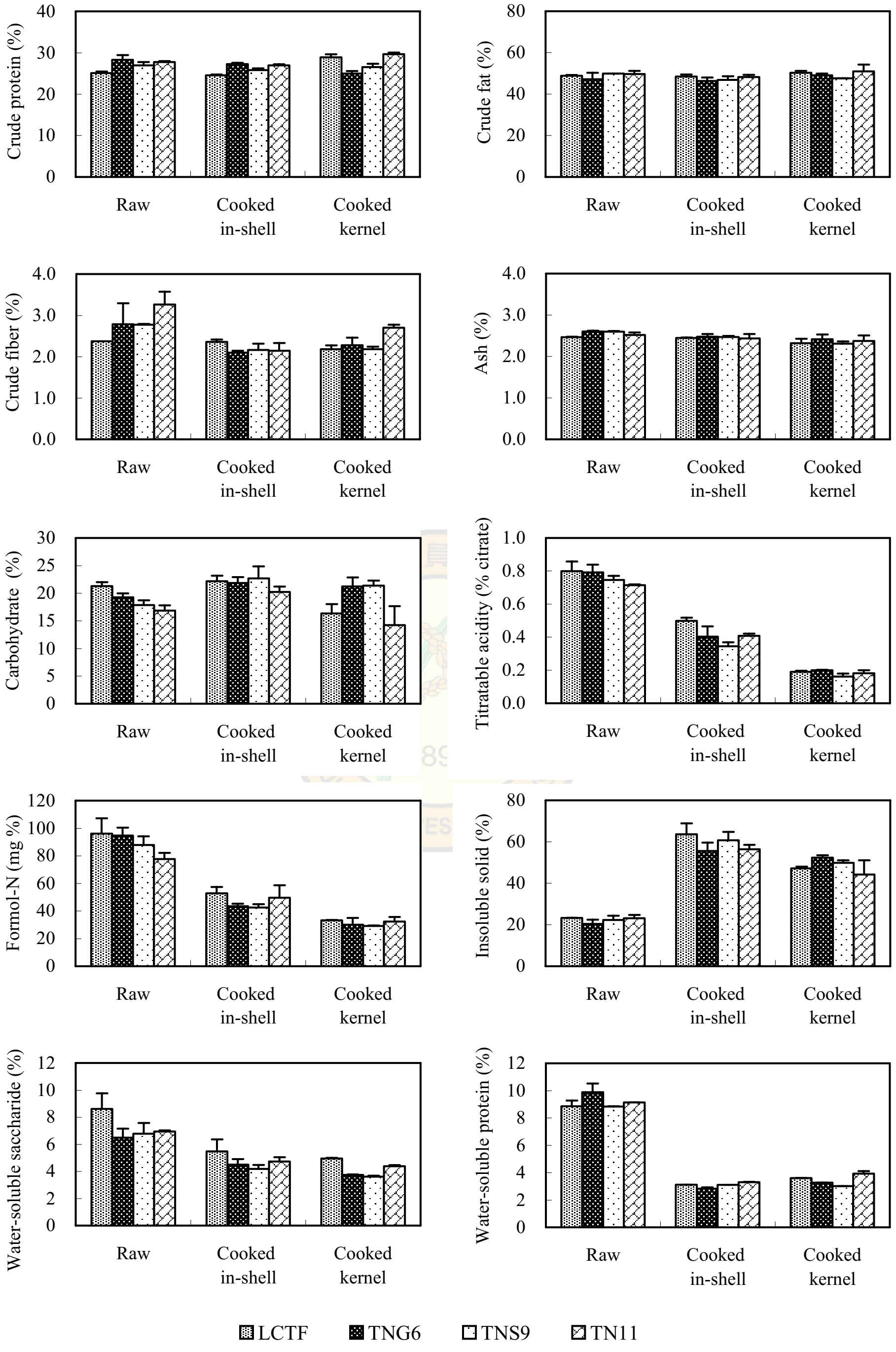


圖 1. 不同落花生品系新鮮生仁、莢果或剝殼蒸煮花生之化學成分（乾物計）。（LCTF = 立枝仔反；TNG6 = 台農 6 號；TNS9 = 台南選 9 號；TN11 = 台南 11 號）

Fig. 1. Chemical charateristics of raw and cooked peanuts of various cultivars (dry basis). (LCTF = Lichi-tzae-fan; TNG6 = Tainung No. 6; TNS9 = Tainan Selected No. 9; TN11 = Tainan No. 11)

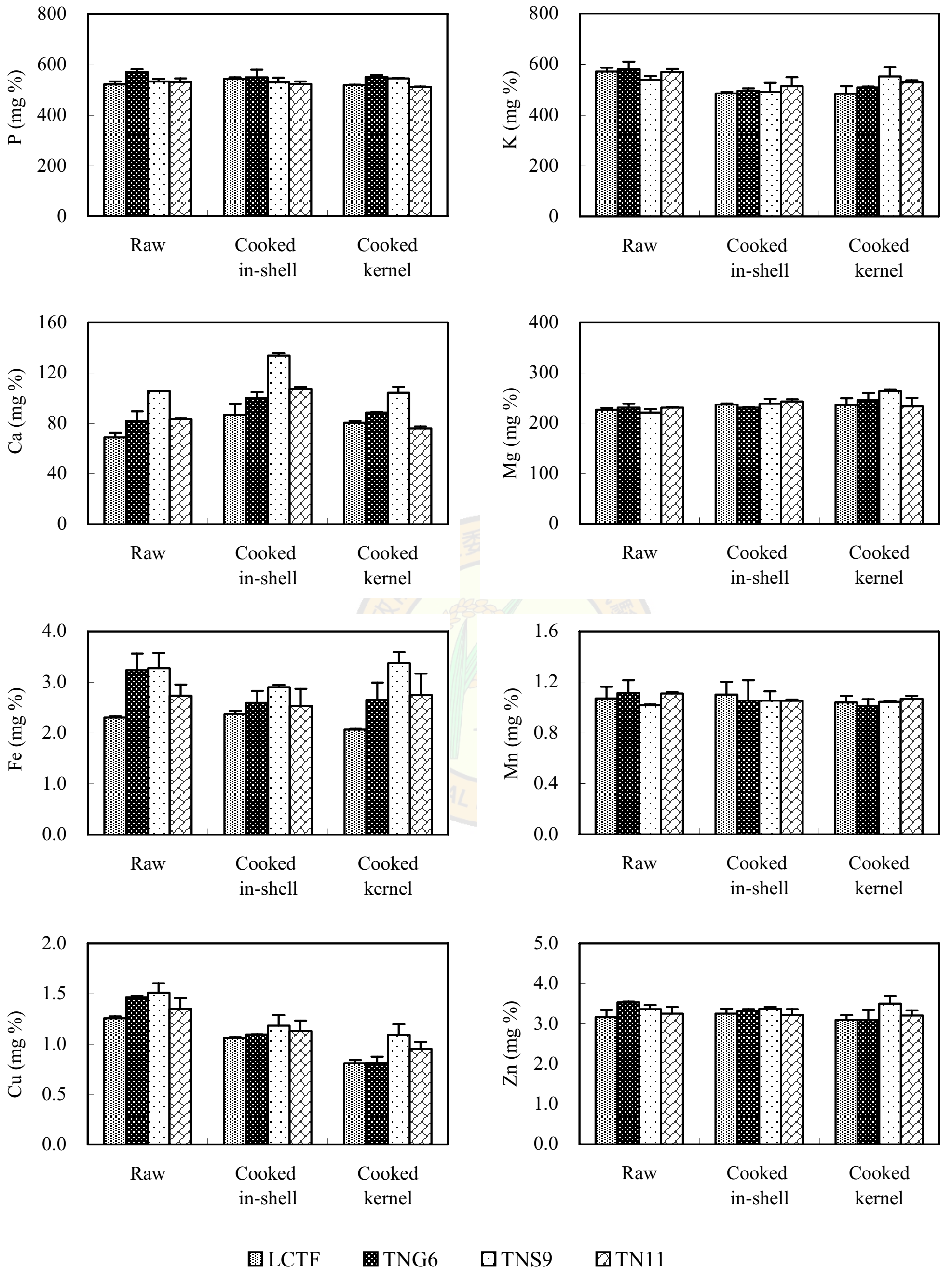


圖 2. 不同落花生品系新鮮生仁、莢果或剝殼蒸煮花生之礦物質組成（乾物計）。（LCTF = 立枝仔反； TNG6 = 台農 6 號； TNS9 = 台南選 9 號；TN11= 台南 11 號）

Fig. 2. The mineral element contents of raw and cooked peanuts of various cultivars (dry basis). (LCTF = Lichi-tzae-fan; TNG6 = Tainung No. 6; TNS9 = Tainan Selected No. 9; TN11 = Tainan No. 11)

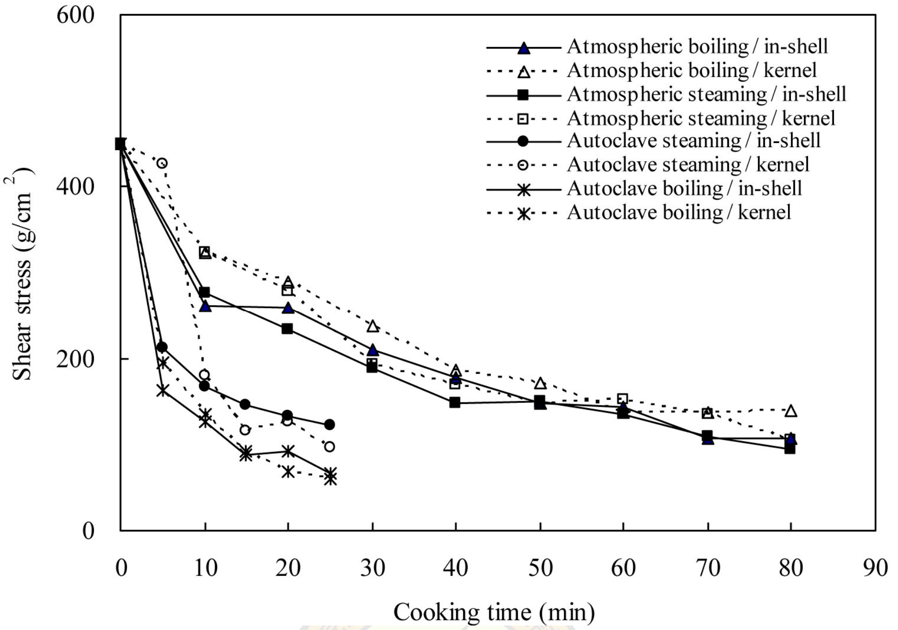


圖 3. 不同蒸煮方式花生組織質地隨蒸煮時間的變化情形。

Fig. 3. The change of peanut texture associated with cooking time of various cooking methods.

表 2. 不同蒸煮方式花生成分之變方分析 F 值

Table 2. F values of ANOVA for chemical characteristics[z] of peanuts by various cooking methods

Factor	df[z]	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Ash	CHO	Titratable acridity	Formol nitrogen	Soluble saccharide	Soluble protein
Form[x]	1	0.42	5.26*[w]	0.69	3.95	2.90	1.19	4.91*	0.82	1.08
Method	3	1.44	2.44	3.84*	3.45*	2.00	1.69	2.62	30.52**	5.84**
Form*method	3	3.81*	0.96	0.25	0.20	1.97	5.45**	1.11	2.39	0.50

Factor	df[z]	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Form[x]	1	0.65	16.79**	3.09	0.18	0.98	0.35	0.57	2.31
Method	3	0.83	5.36*	3.26*	0.38	4.73*	0.72	2.82	0.38
Form*method	3	0.77	0.20	2.15	1.07	0.30	1.19	1.11	0.07

[z] ANOVA was conducted according to the dry basis of all chemical characteristics.

[y] df=degree of freedom; df of error=16.

[x] Form: two forms of kernerl and in-shell peanut; Method: four combinations of cooking methods, including atmospheric boiling , atmospheric steaming, autoclave boiling, and autioclave steaming.

[w] *,** significant at 0.05 and 0.01 probability, respectively.

殼)、加熱處理方式、及兩者之間的交感效應(表 2)。莢果和去殼蒸煮花生的粗脂肪、碳水化合物、甲醛態氮和鉀等含量有顯著差異。不同蒸煮方式處理的粗纖維、灰分、可溶性醣和可溶性蛋白質、鉀、鈣和鐵有顯著差異。同時,蒸煮帶殼與否和蒸煮方式對粗蛋白質和可滴定酸度含量變化影響有顯著交感效應。

不論以何種蒸煮方式，莢果花生的甲醛態氮和鉀含量均顯著高於去殼花生（圖 4，5）。蒸煮方式對水分的影響很大，以常壓水煮 80 min 的水分含量最高 (36.23-37.60%)，莢果和去殼花生處理間無顯著差異。以常壓或高壓蒸氣煮處理，去殼花生的水分均較莢果顯著爲低；尤其以高壓蒸氣煮去殼花生水分含量最低 (23.30%)。高壓水煮莢果和去殼花生的水分含量，和常壓蒸氣煮莢果花生無顯著差異（圖 4）。粗纖維含量以常壓蒸氣煮方式最高，以高壓蒸氣煮方式最低。灰分則以高壓蒸氣煮方式最高。高壓蒸煮方式（蒸氣煮和水煮）的鉀和鐵含量均顯著高於常壓蒸氣煮。水溶性醣和可溶性蛋白質含量以常壓水煮方式最低（圖 4，5）。花生可滴定酸度明顯受到不同蒸煮方式和蒸煮帶殼與否的交感影響，在常壓或高壓水煮方式，莢果花生的可滴定酸度顯著高於去殼花生；但相反地，於常壓或高壓蒸氣煮方式，去殼花生的可滴定酸度反而顯著高於莢果花生。可滴定酸度以高壓蒸氣煮剝仁花生最高（圖 4）。

乾燥和復水對花生成分之影響

乾燥之莢果或去殼花生於常壓或真空下復水，水分含量變化情形如圖 6 所示。新鮮花生樣本水分含量原爲 37.28%。乾燥去殼花生於常壓或真空下復水，或乾燥花生莢果於真空下復水，其水分含量可於 12 小時內增加到約 40%；乾燥花生莢果於常壓下復水 48 小時後，其水分含量只增加到約 30%。

分析落花生的新鮮、乾燥和復水的去殼生仁和熟仁之化學成分，觀察乾燥和復水對花生蒸煮前後成分變化之影響。依統計變方分析 F 值探討復水、蒸煮、及兩者之間的交感效應（表 3）。新鮮、乾燥和復水花生（生仁和熟仁）的灰分、可滴定酸度、水溶性蛋白質、及各礦物質組成（如磷、鉀、鈣、鎂、鐵和銅等）均有顯著差異。生仁和熟仁之灰分、可滴定酸度、甲醛態氮、不溶固形物、水溶性醣、水溶性蛋白質、鎂和銅等含量均有顯著的差異。同時，乾燥復水和蒸煮對可滴定酸度、和甲醛態氮和銅含量變化影響有顯著交感效應。

復水生仁的水分含量 (43.58%) 高於新鮮生仁 (37.28%)，但於蒸煮後兩者水分分別爲 39.84% 和 40.37%，無顯著差異。乾燥生仁水分含量 (6.25%) 顯著低於新鮮和復水生仁，經蒸煮後之熟仁的水分含量 (29.98%) 仍顯著較新鮮和復水熟仁爲低。新鮮、乾燥及復水花生生仁或熟仁的化學成分變化情形如圖 7 及圖 8 所示（乾物重計）。結果顯示乾燥和復水花生生仁的粗蛋白質、粗脂肪、粗纖維、灰分和碳水化合物等一般營養成分和新鮮生仁無顯著差異。除復水花生熟仁之灰分略低於新鮮和乾燥花生熟仁 ($p<0.05$) 外，新鮮、乾燥和復水花生熟仁之一般營養成分間無顯著性差異 ($p>0.05$)。

比較花生生仁其他化學成分，新鮮生仁的可滴定酸度顯著高於乾燥和復水花生生仁，乾燥和復水生仁之間則無顯著差異。乾燥生仁的甲醛態氮顯著低於新鮮和復水生仁，水溶性蛋白質顯著高於新鮮和復水生仁，而新鮮和復水生仁之間的甲醛態氮和可溶性蛋白質含量則無顯著差異。新鮮、乾燥及復水花生生仁間的水溶性醣含量無顯著差異（圖 7）。新鮮生仁的鐵、錳和銅等含量顯著高於復水生仁，但兩者的磷、鈣和鎂等含量則無顯著差異。新鮮生仁鉀低於乾燥和復水生仁（圖 8）。

不論新鮮、復水或乾燥花生經蒸煮後，熟仁的可滴定酸度、甲醛態氮、水溶性蛋白質和水溶性醣均顯著降低。乾燥花生熟仁的可滴定酸度、甲醛態氮和水溶性醣顯著高於新鮮和復水熟仁，新鮮和復水熟仁間則無顯著差異。新鮮熟仁的水溶性蛋白質與乾燥熟仁和復水熟仁無顯著差異。乾燥熟仁的水溶性醣略高於新鮮和復水熟仁，而新鮮和復水熟仁間的水溶性醣則無顯著差異（圖 7）。新鮮熟仁的鐵含量顯著高於復水熟仁，其餘礦物質組成含量與復水熟仁無顯著差異。

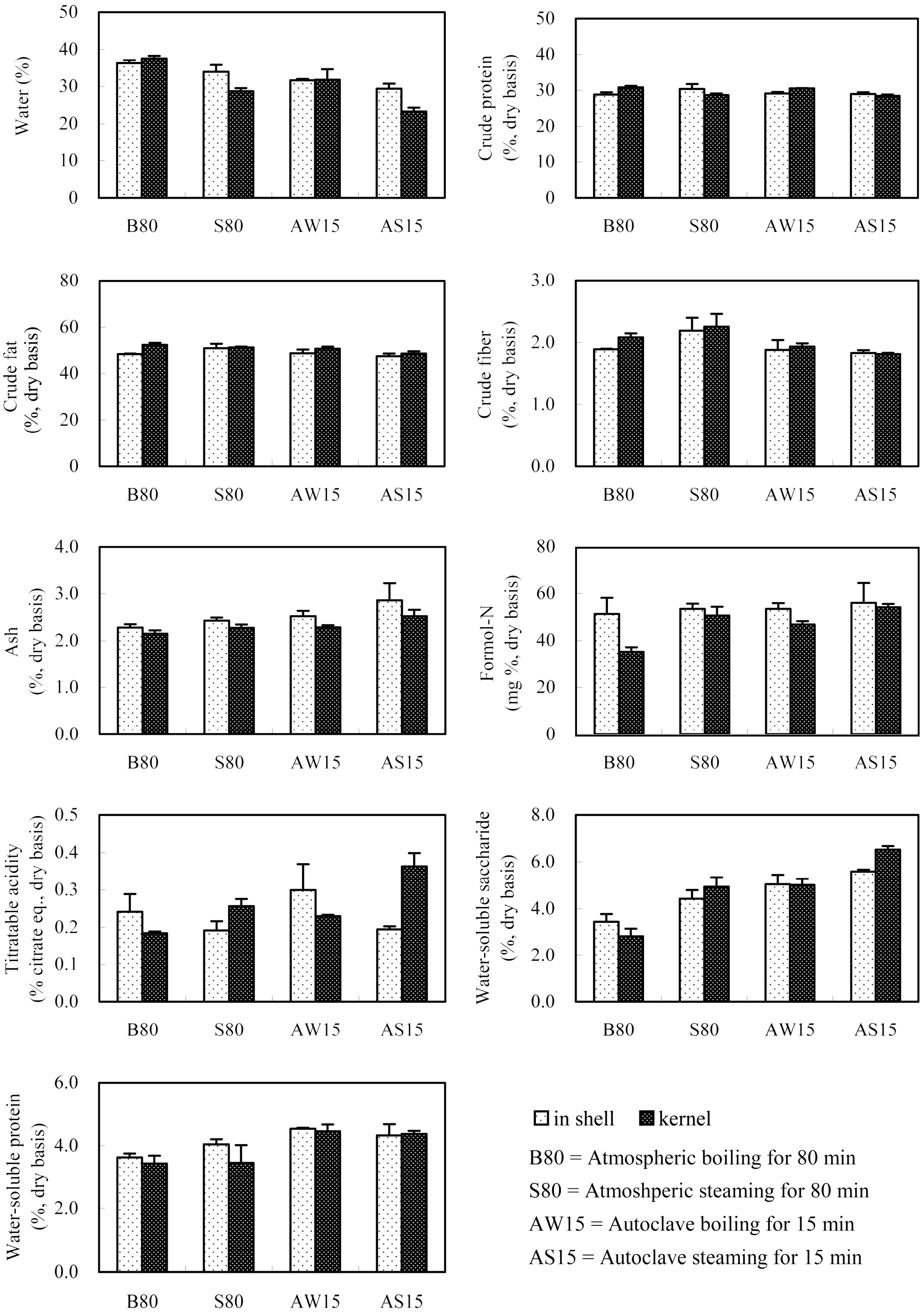


圖 4. 以不同蒸煮方式處理的新鮮花生莢果或去殼花生之化學成分。

Fig. 4. Chemical characteristics of fresh in-shell and kernel peanut cooked by various methods.

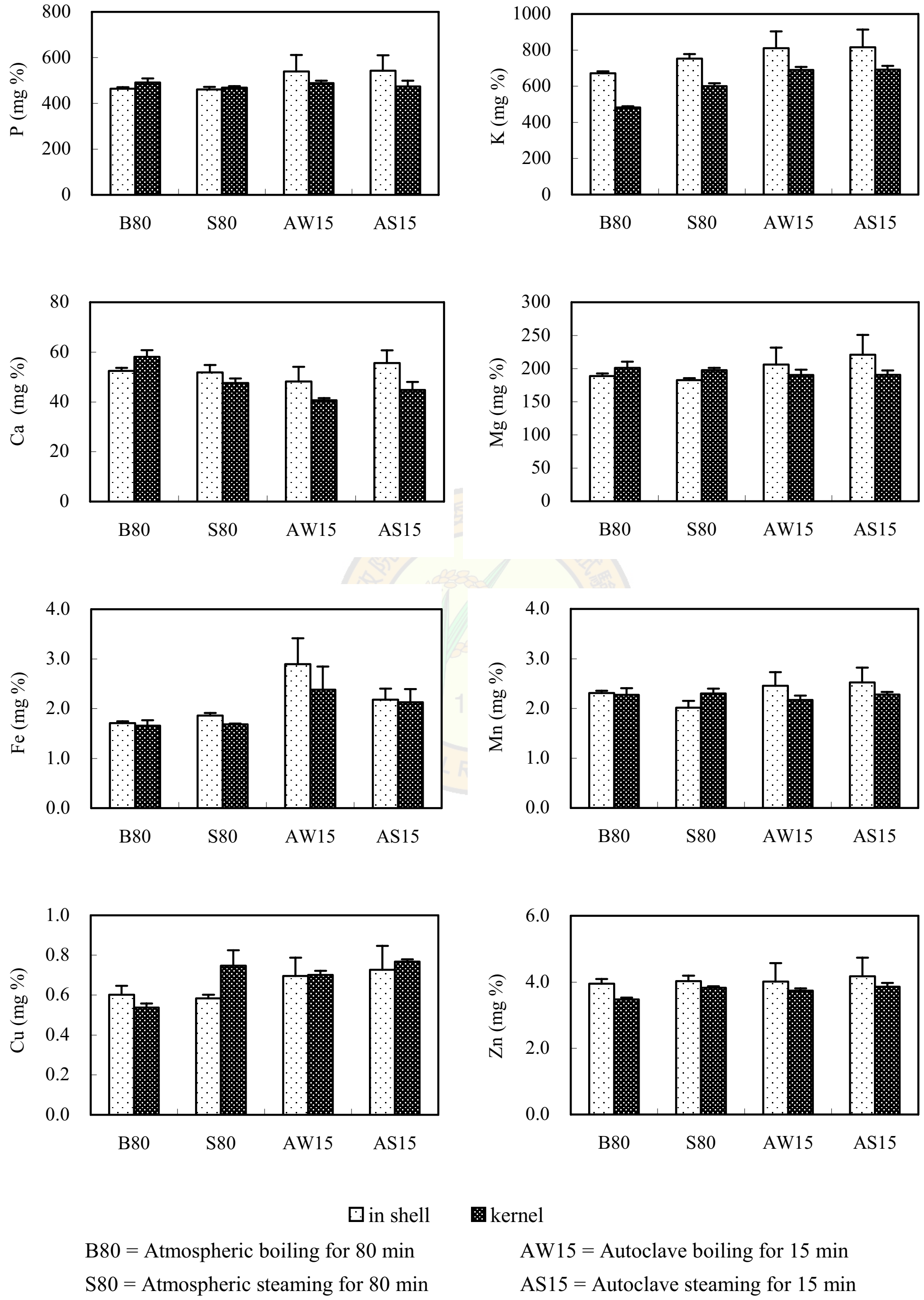


圖 5. 以不同蒸煮方式處理的新鮮花生莢果或去殼花生之礦物質組成（乾物計）。

Fig. 5. The mineral element contents of fresh in-shell and kernel peanut cooked by various methods (dry basis).

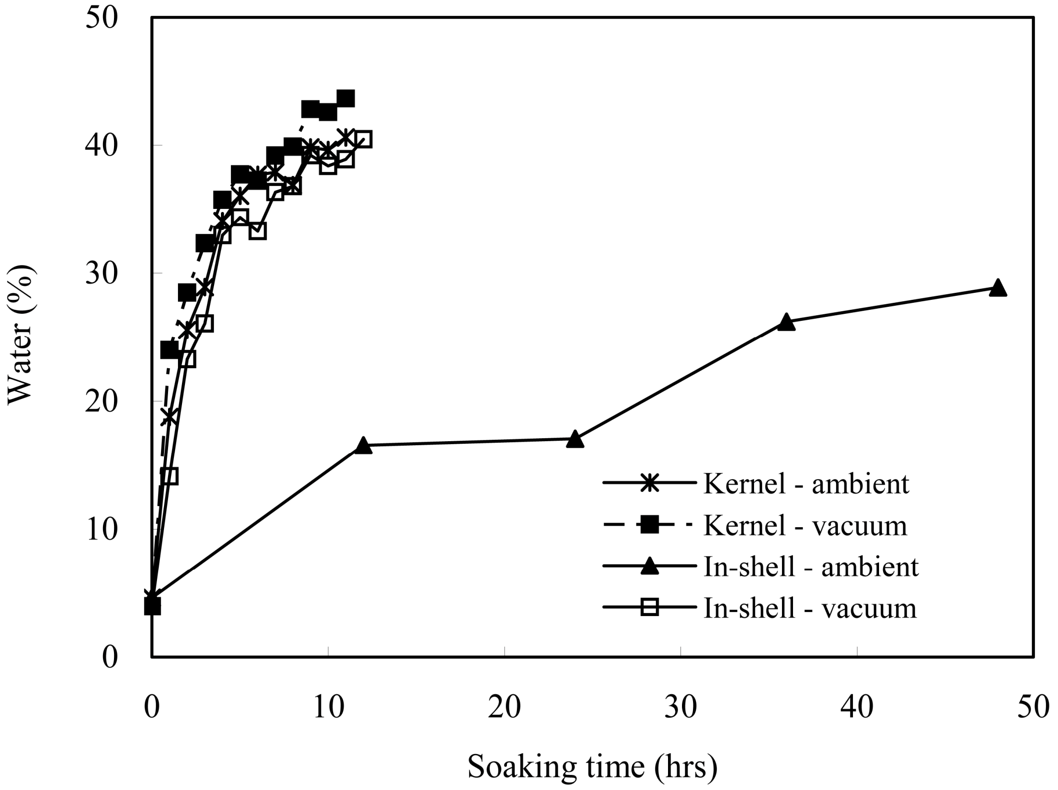


圖 6. 乾燥花生莢果和去殼花生復水時水分含量變化情形。

Fig. 6. The changes in water contents of dry in-shell and kernel peanuts during rehydration.

表 3. 生鮮、乾燥及乾燥復水花生成分之變方分析 F 值

Table 3. F values of ANOVA for chemical characteristics of raw, dried and rehydrated peanuts

Factor	df[z]	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Ash	CHO	Titratable acridity	Formol nitrogen	Soluble saccharide	Soluble protein
Soaking[y]	2	1.90	0.86	1.79	5.68*[x]	1.41	10.31**	0.23	1.32	16.20**
Cooking	1	3.66	1.24	1.51	23.63**	0.66	176.47**	130.67**	39.18**	178.70**
Soaking*Cooking	3	0.79	0.25	1.83	0.23	0.07	16.45**	6.59*	0.29	2.46

Factor	df[z]	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Soaking[y]	1	6.06*	7.08*	6.35*	6.39*	17.51**	3.76	41.68**	1.19
Cooking	3	0.24	8.01*	5.03	5.61*	0.35	0.26	87.63**	3.11
Soaking*Cooking	3	0.91	1.65	3.19	0.03	2.92	1.44	21.47**	1.69

[z] df = degree of freedom; df of error = 8 .

[y] Soaking: three treatments including fresh, dry and rehydrated; Cooking: with or without cooking.

[x] *,** significant at 0.05 and 0.01 probability, respectively.

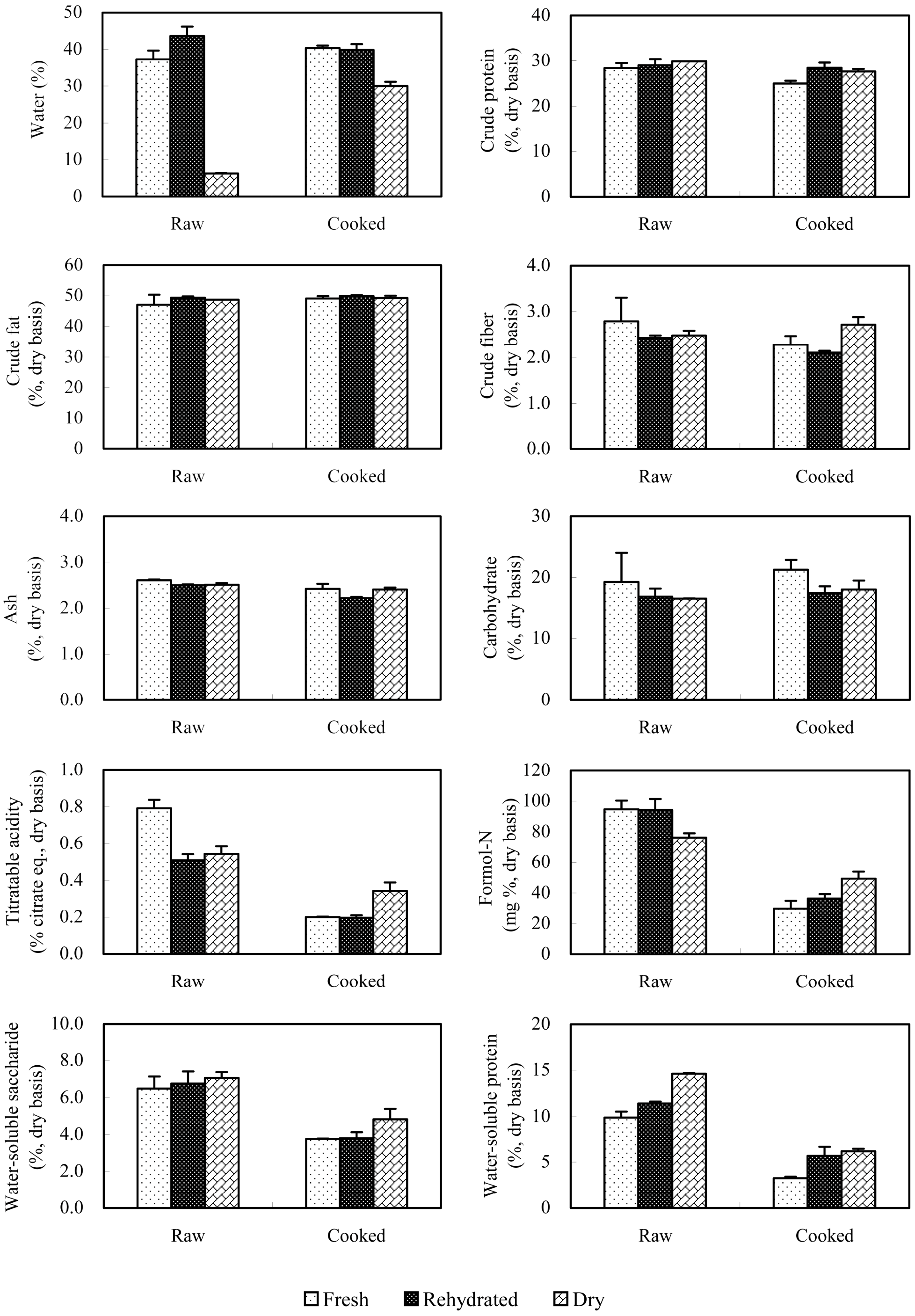


圖 7. 新鮮、乾燥和乾燥復水去殼花生生仁和煮仁之化學成分。

Fig. 7. The chemical characteristics of raw and cooked kernels for fresh, dry and rehydrated peanut.

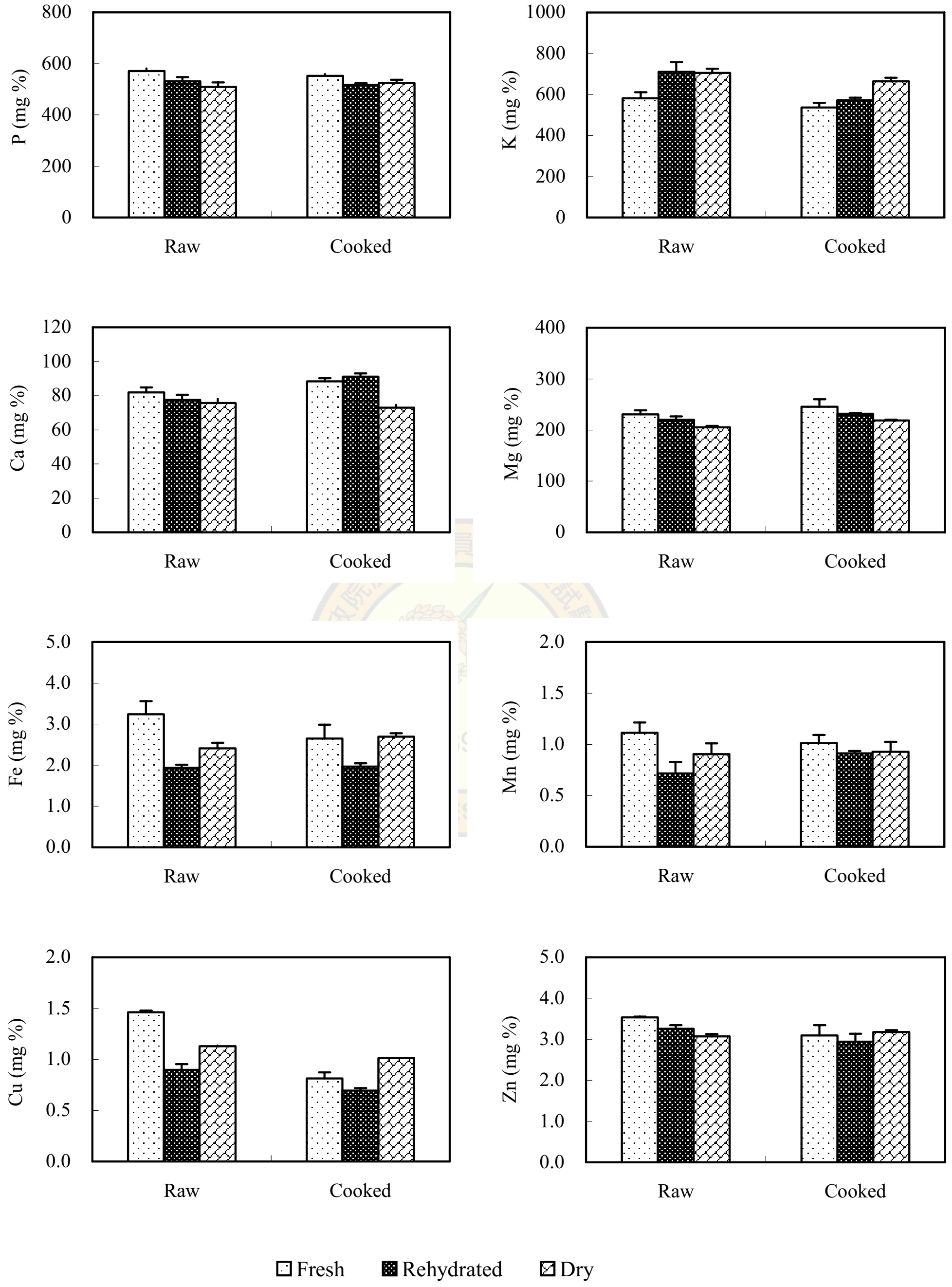


圖 8. 新鮮、乾燥和乾燥復水去殼花生生仁和煮仁之礦物質組成（乾物計）。

Fig. 8. The mineral element contents of raw and cooked kernels for fresh, dry and rehydrated peanuts (dry basis).

討 論

本試驗落花生品系立枝仔反、台農 6 號、台南選 9 號和台南 11 號新鮮生仁等各品種（系）經蒸煮後，不論帶殼蒸煮與否，基本上熟仁一般營養成分，如粗脂肪和灰分等含量，和生仁之間的差異並不大。莢果花生及去殼花生熟仁的可滴定酸、甲醛態氮、水溶性醣和水溶性蛋白質等含量明顯較生仁為低，而不溶固形物則明顯較生仁為高。推測蒸煮過程可能造成花生部分成分流失，並使部分水溶性成分轉變成不溶性。Murugesu & Basha (1989) 曾報告水煮 (boiling) 使花生可溶性碳水化合物、可溶性蛋白質和游離胺基酸含量減少，但對於總蛋白質、不溶性碳水化合物和油脂含量則無影響。Schmitt & Meleki (2004) 亦發現水煮、炸和焙炒 (boiling, frying and dry roasting) 均會降低花生蛋白質的可溶性 (solubility) 和消化性 (digestibility)。

莢果蒸煮熟仁的可滴定酸、甲醛態氮、水溶性醣及不溶固形物等含量均略高於去殼蒸煮熟仁，推論花生帶殼蒸煮可同時減少其水溶性成分及不溶固形物的流失。花生殼結構雖呈多孔質，因外表覆蓋一層角質層，造成調味花生調味液不易滲入 (Tsai *et al.* 1993)，在本試驗蒸煮過程中，花生殼也相對地減少成分流失。莢果蒸煮熟仁的甲醛態氮較去殼蒸煮熟仁為高，可推測莢果蒸煮花生在食味應較去殼蒸煮花生略為甘甜。

本試驗利用水煮、蒸氣煮、高壓蒸氣煮及高壓水煮等不同方式進行莢果及去殼花生蒸煮，觀察花生質地之變化結果顯示，不論莢果或去殼花生在常壓下的蒸氣煮或水煮時，花生質地均隨著蒸煮時間的增長而逐漸軟化。Lii & Chang (1987) 報告花生於沸水 (100℃) 水煮時，其質地隨水煮時間增長而逐漸軟化；但於 50℃至 90℃水煮時，花生組織均先呈硬化現象，而後再隨水煮時間增長而逐漸軟化。

本試驗發現高壓方式水煮和蒸氣煮可以明顯縮短時間。但檢視蒸煮花生外觀發現，高壓蒸氣煮花生有明顯脫水現象，且花生膜色澤變暗而影響外觀。試驗同時發現高壓水煮花生的抗壓值均略低於高壓蒸氣煮，表示高壓方式處理時，浸水蒸煮有助於花生的軟化，且可以避免高壓蒸氣煮花生的不良外觀品質。

在比較不同的蒸煮方式對花生成分之影響，發現水煮、蒸氣煮、高壓蒸氣煮及高壓水煮等蒸煮方式對花生一般營養成分，如粗蛋白質及粗脂肪等影響不大。高壓蒸氣煮花生的甲醛態氮、水溶性醣及水溶性蛋白質含量略高於其他處理，而常壓水煮花生的這些成分含量則最低，尤其以常壓水煮的水溶性醣含量明顯低於其他蒸煮方式。高壓蒸氣煮方式雖然可使花生質地軟化快，且部分成分高於其他處理，但也造成產品的脫水現象和不良外觀。高壓水煮花生的成分與常壓蒸氣煮花生相近，但蒸煮時間明顯縮短，且可以避免高壓蒸氣煮所造成的缺點。整體而言，高壓水煮優於其他蒸煮方式。

觀察乾燥莢果或去殼花生於常壓或真空下復水情形，去殼花生於常壓或真空均可快速復水，真空方式可些許提高乾燥去殼花生的復水速率，但兩者差異不大。於常壓下花生殼嚴重阻礙乾燥花生莢果的復水；利用真空方式可以明顯地提高乾燥莢果的復水能力，使其復水速率與乾燥去殼花生的復水情形相近。此研究結果與 Tsai *et al*. (1992) 的試驗結果相近，他們利用真空浸漬加速帶殼花生的調味液浸漬，莢果的花生仁水分含量在真空浸漬法 2 hr 後可達 42%。Tsai *et al.* 的報告中花生浸漬復水速率高於本試驗，推測可能是由於真空浸漬時真空度的差異。

探討乾燥復水對花生生仁或熟仁化學成分變化之影響，結果顯示乾燥花生復水前後生仁和煮仁之大部分營養成分、甲醛態氮和水溶性醣含量，和新鮮生仁和煮仁相近。乾燥生仁的可滴定酸均遠

低於新鮮生仁，顯示乾燥過程可造成新鮮花生可滴定酸的減少。新鮮花生的可滴定酸如前述試驗結果亦會於蒸煮時流失，使得新鮮花生熟仁的可滴定酸與復水花生熟仁相近。復水過程造成乾燥花生生仁鐵、錳、銅等礦物質組成顯著減少；而蒸煮過程則對礦物質組成含量影響不大。乾燥花生復水除影響部分化學成分外，亦會造成物性和質地的改變，Aydin (2007) 報告花生生仁隨著其復水水分含量增加，假密度 (bulk density) 降低而真密度 (true density) 增加；花生生仁質地受水分含量影響極大，隨著水分含量增加而變軟，斷裂力 (rupture strength) 降低。

誌　　謝

本文承蒙行政院農業委員補助研究部分經費（計畫編號 88 科技-3.2-糧-01）得以順利完成，特此致謝。

引用文獻 (Literature cited)

Aydin. C. 2007. Some engineering properties of peanut and kernel. J. Food Eng. 79:810-816.

Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). 1984. Official Methods of Analysis, 13th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. 1141 pp.

Bett, K. L., J. R. Vercellotti, N. V. Lovegren, T. H. Sanders, R. T. Hinsch, and G. K. Rasmussen. 1994. A comparison of the flavor and compositional quality of peanuts from several origins. Food Chem. 51:21-27.

Cheng, S. L., and T. C. Tsai. 1991. Studies on the processing of in-shell peanuts. p.93-99 *in*: the Proceedings of Peanut Processing Workshop. Chia-yi Agricultural College. Chia-yi. (In Chinese)

Chinese National Standards (CNS). 2004a. Method of Test for Fruit and Vegetable Products-Determination of Titratable Acidity. CNS Standard: Classfied No. N6167, General No. 8626, Central Bureau of Standard, Ministry of Economic Affairs, Taiwan. 2 pp. (In Chinese)

Chinese National Standards (CNS). 2004b. Method of Test for Fruit and Vegetable Products-Determination of Water-Insoluble Solids. CNS Standard: Classfied No. N6163, General No. 8622, Central Bureau of Standard, Ministry of Economic Affairs, Taiwan. 2 pp. (In Chinese)

Chinese National Standards (CNS). 2006. Method of Test for Fruit and Vegetable Juice Products-Determination of Formol Nitrogen. CNS Standard: Classfied No. N6219, General No. 12630, Central Bureau of Standard, Ministry of Economic Affairs, Taiwan. 2 pp. (In Chinese)

Chiou, R. Y., and T. T. Tsai. 1989. Characterization of peanut proteins during roasting as affected by initial moisture content. J. Agric. Food. Chem. 37:1377-1381.

Chiou, R. Y. Y., Y. S. Chang, T. T. Tsai, and S. Ho. 1991. Variation of flavor-related characteristics of peanuts during roasting as affected by initial moisture contents. J. Agric. Food Chem. 39:1155-1158.

Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28:350-356.

Lii, C. Y., and W. H. Chang. 1987. Correlation between the textural and chemical changes of peanuts during cooking and other treatments. I. Relationships between texture and chemical components of peanuts after pre-cooking. Food Sci. 14:233-241. (in Chinese with English abstract)

Lii, C. Y., and W. H Chang. 1991. Changes in physico-chemical properties of peanuts during cooking processes. p.101-113. *in*: The Proceedings of Peanut Processing Workshop. Chia-yi Agricultural College. Chia-yi (In Chinese)

Liu, Y. F., S. Ferng, and R. Y. Y. Chiou. 1993. Processing related characteristics of peanut kernels of various cultivars grown in Taiwan. J. Tech. 8:73-80. (in Chinese with English abstract)

Lowry, O. H., N. J. Rosebrough, L. Farr, and R. J. Randall. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193:265-273.

Mondoulet, L., E. Paty, M. F. Drumare, S. Ah-Leung, P. Scheinmann, R. M. Willemot, J. M. Wal, and H. Bernard. 2005. Influence of thermal processing on the allergenicity of peanut proteins. J. Agric. Food Chem. 53:4547-4553.

Murugesu, V. and S. Basha. 1989. Effect of salt concentration and duration of boiling on peanut seed composition. J. Agric. Food Chem. 37:756-760.

Schmitt, D. A., and S. J. Maleki. 2004. Comparing the effects of boiling, frying and roasting on the allergen city of peanuts. J. Allergy Clin. Immunol. 113:S155. (abstract)

Tsai, C. L., S. W. Fong, and R. Y. Y. Chiou. 1991. Relationships between processing characteristics of peanuts and their cultivations. p.11-20 *in*: The Proceedings of Peanut Processing Workshop. Chia-yi Agricultural College. Chia-yi (In Chinese)

Tsai, T. C., C. Y. Tseng, and S. L. Cheng. 1992. The processing improvement of in-shell peanuts with vacuum soaking and blanching. J. Biomass Energy Soc. China 11:92-99. (in Chinese with English abstract)

Tsai, T. C., C. Y. Tseng, S. L. Cheng, and Y. D. Tseng. 1993. The flavorings of in-shell peanuts with vacuum soaking. J. Biomass Energy Soc. China 12:164-170. (in Chinese with English abstract)

Tseng, Y. K., T. R. Chen, and P. Chang. 1991. Physical characteristics and general composition of raw peanuts in Taiwan. J. Nat. Chia-yi Inst. Agric. 26:185-200. (in Chinese with English abstract)

Effects of Cooking Methods and Rehydration on the Chemical Composition and Texture of Peanut[1]

Shwu-Jene Tsai[2,4], Tsung-Yen Wu[2], King-Hsing Yang[3], Huey-Ing Liu[2] and Ching-Liang Liaw[2]

Abstract

Tsai, S. H., T. Y. Wu, K. H. Yang, H. I. Liu, and C. L. Liaw. 2007. Effects of cooking methods and rehydration on the chemical composition and texture of peanut. J. Taiwan Agric. Res. 56:189-205.

The effects of cooking on the chemical composition and texture of peanut were studied. Several factors were considered: with or without shell during cooking; cooking methods; drying and rehydration. Peanut cultivars used in the research included Lih-Jr-Chai, Tainung #6, Tainan sel. #9 and Tainan #11. Compared to raw materials, the cooked peanut kernels had similar contents in proximate components; lower contents in titratable acidity, formol-N, water-soluble sugar and water-soluble protein; a higher content in water-insoluble solid. The results indicated that cooking processing caused the losses of water-soluble components as well as the partial changes of soluble components into insoluble ones. The cooked in-shell peanuts demonstrated higher contents of soluble components and insoluble solids than cooked peanut kernels. It might be concluded that the shell behaved as a barrier, preventing the leakage of peanut nutrients during cooking. Cooking time was shortened when peanuts were cooked by autoclave. Peanuts treated by autoclave steaming had a higher content of water-soluble sugar, but showed a drier and poor appearance. Overall, the autoclave boiling of peanut is recommended as the better cooking method for its cooking efficiency and quality. The rehydration of dry in-shell peanut was expeditiously improved by vacuum soaking. Dry peanut had similar composition as fresh raw one, except it was lower in titratable acidity. The rehydrated peanuts, including raw and cooked kernels, had similar contents as the fresh ones for most chemical components. However, soaking process of dry peanut kernel during rehydration caused significant losses of minerals, such as Fe, Cu and Mg.

Key words: *Arachis hypogaea*, In-shell peanut, Kernel peanut, Chemical composition, Cooking methods, Rehydration.

---

1. Contribution No.2294 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted:July 31, 2007.
2. Associate Researcher, Assistant Researcher, former Senior Researcher, Senior Researcher and Director,respectively, Agricultural Chemistry Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Associate Agronomist, Crop Science Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail:sjtsai@wufeng.tari.gov.tw; Fax:(04)23302805.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 56(3):206-214 (2007)

氣調貯藏對高熟度採收高接‘新興’梨貯藏品質之影響[1]

黃肇家[2,4] 黃慧穗[2] 蔡金玉[2] 張素貞[3]

摘　　要

黃肇家、黃慧穗、蔡金玉、張素貞。2007。氣調貯藏對高熟度採收高接‘新興’梨貯藏品質之影響。台灣農業研究 56:206-214。

高接‘新興’梨成熟期較晚，早採正逢其他品種盛產，較為不利，而延遲採收之高熟度‘新興’梨則有極高的食用品質，有較佳之售價。這種高接梨若略加貯藏，更可平衡供需。但是晚採之‘新興’梨以一般冷藏貯藏壽命很短，會有果實軟化之現象。本研究利用氣調貯藏探討對這些劣化之影響，結果顯示晚採之‘新興’梨果實以一般冷藏 (1~2℃) 貯藏 2 個月再經櫥架 2 日之後，可售率低至 60%，主要問題為果實軟化。而 3 種氣調貯藏處理包括 2.2% O_2、2.3% O_2＋2.1% CO_2 及 2.1% O_2＋5.1% CO_2，都能有效的減少果實軟化現象，使可售率提高至 80%以上。貯藏 3 個月後，差異更大，一般冷藏之可售率降為 45%，氣調貯藏則為 75~95%。果實貯藏 3 個月再經常溫 (23-28℃) 櫥架 2 日，一般冷藏者除了有上述軟化現象外，果肉海棉質化以及果肉產生水浸狀組織亦是重要的劣化現象，使可售率降為 25%。氣調貯藏可以有效的減少果實劣化，其中最好的氣調組合為 2.3% O_2＋2.1% CO_2，幾乎可以完全抑制處理之果實劣化，使可售率達到 90%。這個氣調組合也使果實外觀維持良好鮮度，而對照組則已明顯的變差。果實在各種貯藏時間及櫥架 2 日後，各處理之果實在硬度、糖度、酸含量變化不大，反而以非果實硬度計所測得之果實質地，包括果實軟化、果肉海綿化、果肉水浸等成為影響品質之最大因素。本研究之結果顯示，適當氣體組合之氣調貯藏能有效的減少高熟度採收之高接‘新興’梨貯藏品質之劣化問題，使果實經長時間貯藏後能維持良好之品質，值得進一步確定及參考應用。

關鍵詞：東方梨、氣調貯藏、果實品質。

前　　言

高接梨是台灣重要的溫帶水果之一，因為產期較早，所以具有競爭力。台灣高接梨主要品種如‘幸水’ 於 6 月中旬採收，‘豐水’及‘秋水’於 7 月上旬採收，‘新興’則於 7 月中旬採收。同一種水梨在東勢、卓蘭地區採收期又比苗栗早 2-3 星期。大部分高接梨利用產期早，提早採收以獲得較高的售價，但是有些晚生的品種，例如‘新興’梨，在採收期晚的地區，採收時正逢其他早生種高接梨之盛產期，售價因此受到影響。為此這些較晚熟之高接梨若延後採收，並加以短期貯藏，在高山地區生產之高山梨尚未大量上市以前出售，反而有平衡供需之作用，因此商業上常有一部分晚熟之高接梨在採收後便進行冷藏。

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2295 號。接受日期：2007 年 8 月 15 日。
2. 本所作物組副研究員與計劃助理。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 苗栗區農業改良場作物改良課副研究員兼課長。
4. 通訊作者，電子郵件：cchuang@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23338162。

‘新興’梨屬東方梨，世界上有關東方梨貯藏的研究並不多，在台灣研究較多的有橫山梨與雪梨，據李等人之報導，橫山梨在 5℃以下貯藏即會有果肉褐化之寒害現象 (Li *et al*. 1988)，貯藏環境若有高濃度之二氧化碳也會導致果肉褐化之現象 (Li & Lin 1988)。二氧化碳濃度超過 1%即可能對品質有害，因此在運輸、包裝、貯藏都要注意避免二氧化碳濃度之累積 (Shiesh & Hsueh 2005)。雪梨在低溫貯藏會發生果皮黑褐斑的問題，在 9℃以下，溫度越低發生越嚴重 (Kuo & Yiu 2005)。這些黑斑之產生伴隨著果皮苯丙胺酸脫氨裂解酶以及多酚氧化酶之活性之增加而加劇 (Kuo *et al*. 2007)。這些在橫山梨與雪梨貯藏發生之現象和‘新興’梨貯藏之劣化現象不同，‘新興’ 梨以低溫貯藏並不會發生果肉褐化之寒害現象，也沒有果皮黑化之產生。至於貯藏環境二氧化碳之影響則尙無相關之報導。美國 Crisosto 等人曾報導東方梨延遲採收會導致貯藏時果肉褐化 (Crisosto *et al.* 1994)，在台灣亦有許多研究指出晚採對東方梨果實品質有不利之影響 (Li & Lin 1988; Shies & Hsueh 2005)，這些資料顯示高熟度採收 ‘新興’ 梨之貯藏比一般東方梨之貯藏更爲困難。高接‘新興’梨延後採收，因爲充分成熟，食用品質與風味甚高，售價亦高。但是其貯藏力甚低，以一般冷藏方法貯藏 1 個月即有果實軟化的現象發生，貯藏更久則劣化問題更嚴重。本研究針對這些高熟度採收的果實，嘗試以氣調貯藏來探討對這些劣變改善的效果，並找出效果較佳的氣調氣體組成。

材料與方法

果實材料

本研究使用之果實取自苗栗專業高接梨生產農戶，當地一般採收期爲 7 月中旬，約一星期採收完畢。本試驗之材料延後 10 日於 7 月底採收，其熟度於一般商業上認定爲 9 分熟。果實於採收次日送到農試所，經挑選無明顯瑕疵，品質均一的果實，裝箱放於 0-1℃預冷 1 夜。之後繼續留在 0-1℃冷藏庫內依下列各種貯藏方式進行分組、包裝與貯藏。

貯藏條件

處理 1 爲一般紙箱包裝冷藏對照組，果實以農民一般使用之紙箱裝箱方式包裝，果實逐果以小 PE 袋包裝，每 10 個果實放於 1 個保麗龍果盤上，每 1 箱放 2 盤合計 20 個果實，置於 0~1℃貯藏。

其餘 5 個處理（處理 2 至處理 6）置於同一間冷藏庫貯藏。這些果實皆裝於壓克力箱中，壓克力箱長寬高各爲 100×45×30 cm，每個處理有 20 個果實，分成 4 組爲 4 重複，每組 5 個果實。箱內皆置放約 300 g 之乙烯吸收劑（普濾寶 Purifal，美製），貯藏過程中定時測定箱內乙烯濃度，控制在 0.15 ppm 以下。貯藏期間定期測定箱內溫度，皆維持於爲 1.2-1.6℃，箱內濕度皆維持於 81-86% RH。貯藏環境保持黑暗狀態。

處理 2 爲氣調箱空氣對照組，果實以上述壓克力箱置放，壓克力箱之一端具有進氣孔，流入定量加濕過之空氣（約 30 L/hr），由壓克力箱之另一端排氣孔排出。

處理 3 爲 2.2% O_2＋0% CO_2 氣調處理，如同處理 2，但流入的氣體爲預先以氮氣與氧氣組配好的混合氣體，原預定組配氧氣濃度爲 2.0%，二氧化碳濃度爲 0% (2:0)。經長時間流通平衡後，測得壓克力箱內之氣體組成分爲氧氣 2.2%，二氧化碳 0%。

處理 4 爲 2.3% O_2 ＋2.1% CO_2 氣調處理，如同處理 3，流入之氣體爲氮氣、氧氣、二氧化碳以不同比率混合之氣體，流通平衡後壓克力箱內之氧氣爲 2.3%，二氧化碳爲 2.1%。處理 5 爲 2.1% O_2 ＋5.1% CO_2 氣調處理，處理方法同上，流通平衡後，壓克力箱內之氧氣爲 2.1%，二氧化碳爲 5.1%。

箱內之氣體組成份於果實裝箱後一星期內每日測定，於氣體濃度穩定後每星期測定一次。測定方法爲從壓克力箱壁上之一抽氣孔（以抽氣橡膠密封）以針筒抽取氣體測定，二氧化碳濃度以氣相層析儀（GC, gas chromatograph, 日製 Shimadzu, Model GC 8AIT）分析，以 TCD 爲檢測器，溫度爲 80℃，層析管內填充 Porapak Q，80-100 mesh，溫度爲 90℃。氧氣濃度以具有氧化鋯爲感測器之 Precision Headspace Analyzer 測定（Illinois Instrument 公司製造，Model 6600）。乙烯濃度以氣相層析儀（GC, gas chromatograph,日製 Shimadzu, Model GC 8AIF）分析。層析管內填充 Porapak Q，80-100 mesh，溫度爲 80℃，以 FID 爲檢測器，溫度爲 150℃。

貯藏時間

果實於貯藏 2 個月後及 3 個月後，各處理取出一批，調查出庫品質，之後置放於常溫（23-28℃）2 日再調查櫥架品質，此櫥架品質可作爲果實在零售店出售或在消費者手中之品質參考。

品質測定

果實外觀鮮度之調查以目視果皮色澤爲主，以具鮮採之色澤爲最佳，評定爲 5 分，色澤變深或光澤減少，評分降低，最差爲 1 分。果腐率以目視有腐爛現象或以手觸摸皮色變黑之區塊，輕壓會整個陷入，內部腐爛者，以發生個數計算百分率。軟果率也是以手輕壓測定，軟果和內部腐爛果之不同在於以手觸摸果實軟化只發生在果實表層，極爲輕微但很明顯，因此會影響可售性。果肉海綿質化之測定需將果實切開，在果蒂端切開一部分即可明顯看到，果肉形成許多明顯的微小空腔（圖 1），此區域果肉色澤亦會轉爲較白。果肉水浸狀指果肉組織成爲多水之非透明水浸狀態，圖 1 者爲輕微程度，嚴重者果肉色澤變暗。果皮黑斑發生率較少，在果皮有明顯的小黑斑塊，切下黑斑之表皮，可發現果肉成爲凹陷（圖 1）。可售率指沒有發生上述劣化現象果實之百分率。

果實硬度以一般果實硬度計 (Effegy fruit pressure tester FT 327) 測定，在果實赤道部分削去一層薄皮，測定穿破果肉時之壓力，穿入頭直徑爲 0.8 cm。糖度（可溶性固形物）測定時榨取果汁，經過濾後以數字式糖度計 (Atago Model PR-101a) 測定。酸含量測定以酸鹼滴定法測定，以 pH 8.1 爲滴定終點，酸含量以蘋果酸含量計算。

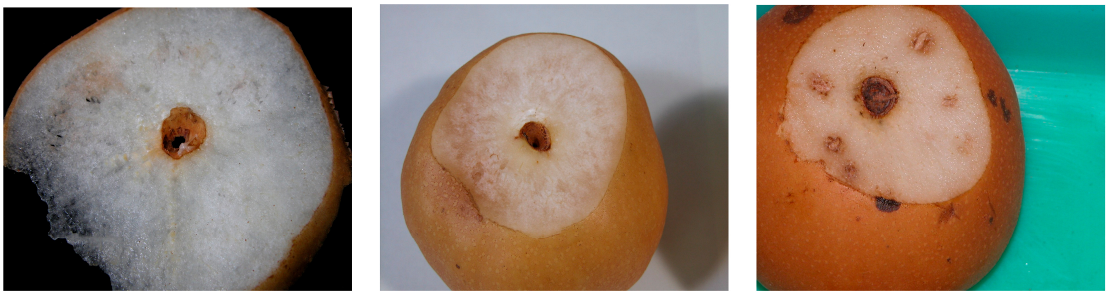


圖 1. 高熟度採收高接‘新興’梨貯藏 3 個月並經常溫 (23-28℃) 櫥架 2 日後之幾種品質劣化現象。左：果肉海綿質化，中：果肉呈現水浸狀，右：果皮黑斑。

Fig. 1. The phenomena of spongy tissue (left), water soaking tissue (middle) and black spot on skin (right) of late harvest annual grafting ‘Shinko’ pear after 3 months storage followed by 2 days on shelf at 23-28℃.

結 果

鮮採後果實品質調查

本研究使用之高熟度高接‘新興’梨於鮮採時硬度在 4.6~4.8 kg，糖度約 11°Brix，酸含量約 0.134 mg/100 g。經常溫櫥架 2 日後，糖酸略有降低（表 1）。

貯藏 2 個月之果實品質與劣化

高接‘新興’梨果實經貯藏 2 個月後，對照組、空氣組，2.2% O_2＋0% CO_2 與 2.1% O_2＋5.1% CO_2 之氣調貯藏處理組之果實可售率均降爲 80%，而 2.2% O_2＋2.1% CO_2 氣調貯藏仍維持 100%（表 2）。果實可售率降低之主要原因爲果實軟化。高接‘新興’梨貯藏後，如果發生果實軟化即無販售價值。果實貯藏後在外觀上色澤比鮮採的略差一些（表 2），但差異不大，並不影響可售率。果實硬度、糖度及酸含量於各處理間差異不大，和鮮採者差異也不大（表 2）。本試驗所有處理之果實，皆無發生腐爛現象。

貯藏 2 個月再經櫥架 2 日之果實品質與劣化

果實貯藏 2 個月再經櫥架 2 日後，一般冷藏對照組之可售率降爲 60%，主要原因仍是果實軟化（表 3），其他氣調貯藏者可售率爲 80-100%。果實外觀大都仍佳，有一些氣調貯藏之果實外觀鮮度似乎低一些，但與對照組間無明顯差異。對照組與各氣調處理組之果實外觀個體差異大，色澤並不均一。果實硬度於不同處理間略有差異但不顯著，果實糖度與酸含量於各處理差異不大。

貯藏 3 個月之果實品質與劣化

果實於貯藏 3 個月後，一般冷藏對照組之可售率降爲 45%（表 4），主要問題仍是果實軟化。氣調處理者維持在 75~95%。果實外觀在一般冷藏者，鮮度最低，比鮮採有明顯的降低（表 1、表 4），氣調貯藏者鮮度亦有下降，大致上仍維持良好。果實硬度及糖酸含量變化不大。本試驗所有處理之果實，皆無發生腐爛現象。

貯藏 3 個月再經櫥架 2 日之果實品質與劣化

果實貯藏 3 個月再經櫥架 2 日後，一般冷藏之對照組可售率降爲 25%（表 5），除了軟果率佔 65%外，果肉海綿質化（佔 50%），果肉水浸（佔 40%）以及果皮黑斑，皆使果實可售價值喪失。氣調箱流通空氣之對照組略好一些，但可售率仍降爲 40%，果肉海綿質化是最主要之劣化現象。各種氣調貯藏（氧氣濃度：二氧化碳濃度爲 2.2% O_2＋0% CO_2，2.3% O_2＋2.1% CO_2，2.1% O_2＋5.1% CO_2）可售率仍維持在 60-90%。和一般冷藏者比較，除了軟果率低以外，果肉海棉質化及果肉水浸皆明顯的降低，其中效果最好的處理（2.3% O_2＋2.1% CO_2） 果軟率及果肉海綿質化可降至 10%，其他劣化現象皆沒有發生。

果實外觀鮮度在櫥架 2 日後略有降低（表 5），其中貯藏效果較佳之兩個氣調貯藏 2.2% O_2＋0% CO_2 與 2.3% O_2＋2.1% CO_2，果實外觀鮮度仍然維持在良好的狀態。

果實硬度、糖度及酸含量變化不大，各處理間之差異亦不明顯（表 6）。

討 論

本研究在晚採之高接‘新興’梨於 0-1℃中貯藏 2 個月及 3 個月後，以果實軟化程度作爲判斷可售率之依據，各種氣調貯藏皆比冷藏有顯著之改善效果；由於當時未知可能有果肉海綿質化或果肉水浸問題，未加測定，因此在此期間是否有發生果肉海綿質化或水浸未得而知。

表 1. 高接'新興'梨鮮採後以及在常溫 (23-28℃) 櫥架 2 日後之果實鮮度、硬度、糖度與酸含量

Table 1. The fruit freshness, firmness, total soluble solid and acid content of late harvest annual grafting 'Shinko' pear after harvest

Treatment	Freshness (score 1-5)	Fruit softening (%)	Salability (%)	Firmness (kg)	Total soluble solids (°Brix)	Acid content (mg/100 g)
At harvest	4.8±0.2	0.0	100.0	4.8±0.2	11.2±1.0	0.134±0.015
2 days on shelf	4.7±0.1	0.0	100.0	4.6±0.8	10.8±0.9	0.118±0.018

表 2. 高接'新興'梨經貯藏 2 個月後出庫之軟果率、可售率、果實硬度、糖度以及酸含量

Table 2. The fruit softening, salability, firmness, total soluble solid and acid content of late harvest annual grafting 'Shinko' pear after storage for 2 months at 1-2℃

Treatment[z]	Freshness (score 1-5)	Fruit softening (%)	Salability (%)	Firmness (kg)	Total soluble solids (°Brix)	Acid content (mg/100 g)
Cold storage	4.4±0.3	20.0±16.3	80.0±16.3	4.3±0.2	12.1±0.7	0.122±0.029
Air	4.4±0.3	20.0±0.0	80.0±0.0	4.6±0.6	11.9±0.8	0.134±0.003
2.2% O_2+0% CO_2	4.5±0.2	20.0±16.3	80.0±16.3	4.7±0.3	11.5±2.0	0.113±0.020
2.3% O_2+2.1% CO_2	4.3±0.6	0.0±0.0	100.0±0.0	4.3±0.1	10.0±0.7	0.118±0.016
2.1% O_2+5.1% CO_2	4.4±0.8	20.0±16.3	80.0±16.3	4.3±0.3	11.3±0.6	0.111±0.017

[z] Air represents fruits stored in a sealed acrylic case with fresh air flows in and out; 2.2% O_2+0% CO_2 represents controlled atmosphere storage with 2.2% oxygen and 0% carbon dioxide; 2.3% O_2+2.1% CO_2 and 2.1% O_2 +5.1% CO_2 represent 2.3% oxygen and 2.1% carbon dioxide, and 2.1% oxygen and 5.1% carbon dioxide respectively.

表 3. 高接'新興'梨貯藏 2 個月並經常溫 (23-28℃) 櫥架 2 日後之軟果率、可售率、果實硬度、糖度以及酸含量

Table 3. The fruit softening, salability, firmness, total soluble solid and acid content of late harvest annual grafting 'Shinko' pear after 2 months storage followed by 2 days on shelf at 23-28℃

Treatment[z]	Freshness (score 1-5)	Fruit softening (%)	Salability (%)	Firmness (kg)	Total soluble solids (°Brix)	Acid content (mg/100 g)
Cold storage	4.2±0.4	40.0±16.3	60.0±16.3	4.0±0.2	12.5±1.1	0.124±0.041
Air	4.0±0.8	30.0±11.5	70.0±11.5	4.6±0.3	11.9±1.0	0.097±0.019
2.2% O_2+0% CO_2	4.2±0.2	20.0±16.3	80.0±16.3	4.6±0.2	11.5±0.6	0.124±0.015
2.3% O_2+2.1% CO_2	4.0±0.9	0.0±0.0	100.0±0.0	4.8±0.4	11.1±1.3	0.112±0.010
2.1% O_2+5.1% CO_2	3.8±0.6	20.0±16.3	80.0±16.3	4.7±0.4	11.3±1.4	0.105±0.033

[z] Air represents fruits stored in a sealed acrylic case with fresh air flows in and out; 2.2% O_2+0% CO_2 represents controlled atmosphere storage with 2.2% oxygen and 0% carbon dioxide; 2.3% O_2+2.1% CO_2 and 2.1% O_2 +5.1% CO_2 represent 2.3% oxygen and 2.1% carbon dioxide, and 2.1% oxygen and 5.1% carbon dioxide respectively.

表 4. 高接'新興'梨經貯藏 3 個月後出庫之軟果率、可售率、果實硬度、糖度以及酸含量

Table 4. The fruit softening, salability, firmness, total soluble solid and acid content of late harvest annual grafting 'Shinko' pear after storage for 3 months at 1-2℃

Treatment[z]	Freshness (score 1-5)	Fruit softening (%)	Salability (%)	Firmness (kg)	Total soluble solids (°Brix)	Acid content (mg/100 g)
Cold storage	2.9±0.7	55.0±19.1	45.0±19.1	4.2±0.3	12.1±2.0	0.134±0.037
Air	3.9±0.2	35.0±25.2	65.0±25.2	4.8±1.1	12.2±0.9	0.124±0.016
2.2% O_2+0% CO_2	3.7±0.4	20.0±16.3	80.0±16.3	4.3±0.4	11.5±0.4	0.127±0.014
2.3% O_2+2.1% CO_2	4.1±0.5	5.0±10.0	95.0±10.0	4.2±0.2	10.7±1.0	0.140±0.015
2.1% O_2+5.1% CO_2	4.0±0.2	25.0±19.1	75.0±19.1	4.5±0.3	10.2±0.8	0.131±0.014

[z] Air represents fruits stored in a sealed acrylic case with fresh air flows in and out; 2.2% O_2+0% CO_2 represents controlled atmosphere storage with 2.2% oxygen and 0% carbon dioxide; 2.3% O_2+2.1% CO_2 and 2.1% O_2+5.1% CO_2 represent 2.3% oxygen and 2.1% carbon dioxide, and 2.1% oxygen and 5.1% carbon dioxide respectively.

表 5. 高接'新興'梨貯藏 3 個月並經常溫 (23-28℃) 櫥架 2 日後之果實劣化現象及可售率

Table 5. The occurrence of fruit softening, spongy tissue, water soaking tissue and black spot on skin of late harvest annual grafting 'Shinko' pear after 3 months storage followed by 2 days on shelf at 23-28℃

Treatment[z]	Freshness (score1-5)	Fruit softening (%)	Fruit spongy tissue (%)	Fruit water soaking (%)	Fruit black spot (%)	Fruit salability (%)
Cold storage	3.0±0.5	65.0±19.1	50.0±25.8	40.0±32.7	20.0±16.3	25.0±10.0
Air	3.5±0.6	35.0±10.0	55.0±25.2	30.0±11.5	20.0±16.3	40.0±16.3
2.2% O_2+0% CO_2	3.9±0.2	20.0±16.3	20.0±16.3	15.0±19.1	15.0±10.0	75.0±10.0
2.3% O_2+2.1% CO_2	4.0±0.2	10.0±11.5	10.0±11.5	0.0±0.0	0.0±0.0	90.0±11.5
2.1% O_2+5.1% CO_2	3.2±0.3	25.0±19.1	40.0±16.3	20.0±16.3	15.0±19.1	60.0±16.3

[z] Air represents fruits stored in a sealed acrylic case with fresh air flows in and out; 2.2% O_2+0% CO_2 represents controlled atmosphere storage with 2.2% oxygen and 0% carbon dioxide; 2.3% O_2+2.1% CO_2 and 2.1% O_2+5.1% CO_2 represent 2.3% oxygen and 2.1% carbon dioxide, and 2.1% oxygen and 5.1% carbon dioxide respectively.

表 6. 高接'新興'梨貯藏 3 個月並經常溫 (23-28℃) 櫥架 2 日後之果實硬度、糖度以及酸含量

Table 6. The fruit firmness, total soluble solid and acid content of late harvest annual grafting 'Shinko' pear after 2 months storage followed by 2 days on shelf at 23-28℃

Treatment[z]	Firmness (kg)	Total soluble solids (°Brix)	Acid content (mg/100 g)
Cold storage	4.3±0.3	12.8±0.5	0.126±0.011
Air	4.6±0.4	11.5±1.3	0.108±0.026
2.2% O_2+0% CO_2	4.6±0.3	11.4±1.2	0.124±0.019
2.3% O_2+2.1% CO_2	4.8±0.4	11.5±0.5	0.118±0.022
2.1% O_2+5.1% CO_2	4.5±0.2	11.0±0.7	0.137±0.013

[z] Air represents fruits stored in a sealed acrylic case with fresh air flows in and out; 2.2% O_2+0% CO_2 represents controlled atmosphere storage with 2.2% oxygen and 0% carbon dioxide; 2.3% O_2+2.1% CO_2 and 2.1% O_2+5.1% CO_2 represent 2.3% oxygen and 2.1% carbon dioxide, and 2.1% oxygen and 5.1% carbon dioxide respectively.

於貯藏 3 個月再櫥架 2 日後，發現造成果實劣化最大的因素為果軟與海綿質化，後者需在果實切開後才能測得；其次是果肉水浸，發生率亦高，果肉水浸使果肉色澤逐漸變暗，嚴重者接近褐化。發生最少者為果皮黑斑，發生率雖然不高但是影響品質很大。

發生軟果之果實以硬度計所測得之硬度與正常果並無差異，顯示以硬度計無法顯示以手觸摸得知之果實軟化現象，此乃因為以手觸摸之果實軟化發生在果實之表皮以及很接近表層之果肉。

在本試驗中，有些處理之軟果率與果肉海綿質化比率不相同（表 5），表示此二者不是一定互有因果關係，果肉海綿質化發生在果肉內部，以手觸摸不一定會覺得果實軟化。同樣的，果肉海綿質化率高者，以硬度計測之硬度亦沒有較低，海綿質化通常發生在果蒂端較多，硬度測定是在果實赤道部分測定，因此硬度測定亦沒有反應出果肉海綿質化。

本研究之一般冷藏對照組是以農民現行之紙箱包裝方式貯藏，其可售率比氣調箱流通空氣之對照組略低，其軟果率較高是原因之一。二者之差異可能因為一般冷藏之果實於紙箱包裝密封後，直接移入冷藏庫內，降溫較慢，氣調箱處理者於預冷次日，在冷藏庫內逐果取出移入氣調箱，降溫可能較快。其次氣調箱處理者內皆有置放乙烯吸收劑，使乙烯濃度控制在 0.15 ppm 以下，紙箱包裝則沒有控制乙烯。這些差異是否是造成可售率不同之原因，有待進一步探討。

本研究發現高熟度採收之高接'新興'梨貯藏後及櫥架後有許多劣化之現象，包括果實軟化、果肉海綿質化在其他研究中皆沒有報導 (Li & Lin 1988; Li *et al.* 1988; Kuo & Yiu 2005; Kuo *et al.* 2007; Crisosto *et al.* 1994)，果皮黑斑之現象亦和雪梨之果皮黑化亦不相同 (Kuo & Yiu 2005)。這些劣化或許是高接'新興'梨於高熟度採收經過貯藏之後所特有，使果實貯藏壽命降低。本研究發現以 2.3% O_2 ＋2.1% CO_2 之氣調貯藏，可以很有效的減除這些劣化，使貯藏品質以及櫥架品質大幅提高。氣調貯藏在國外已經是商業化多年之貯藏方法；台灣因為地震多，近年亦有研發適合台灣環境之夾層式氣調貯藏庫，可容納 20 噸之蔬菜，使用效果良好（Huang *et al.* 2005）。因此本研究結果值得進一步確認後加以應用，以及作為其他東方梨貯藏之參考。

引用文獻 (Literature cited)

Crisosto, C. H., D. Garner, and G. M. Crisosto. 1994. Late harvest and delayed cooling induce internal browning of 'Ya Li' and 'Seuri' Chinese pears. HortScience. 29:667-670.

Huang, C. C., C. Y. Tsai, H. S. Huang, C. J. Cheng, Y. C. Tsai, and F. W. Liu. 2005. Controlled atmosphere technology for intermittent use in short-term storage of leafy vegetables. p.109-119 *in* the Proceedings of Symposium on Research and Application of Postharvest Technology of Horticultural Crops. Agricultural Research Institute Pub. Taichung. (in Chinese with English abstract)

Li, M. l. and T. S. Lin. 1988. Effect of modified atmosphere on chilling injury of 'Heng Shan' pear fruits. J. Chinese Soc. Hortic. Sci. 34:134-142. (in Chinese with English abstract)

Li, M. l., T. S. Lin, and W. J. Liaw. 1988. Postharvest physiology and chilling injury of harvested 'Heng Shan' pear fruits. J. Chinese Soc. Hortic. Sci. 34:60-72. (in Chinese with English abstract)

Kuo, C. T. and J. C. Yiu. 2005. Studies on skin blackening harvested fruits of Japanese pear 'Shinsetsu' (*Pyrus pyrifolia* Nak.var. Shinsetsu). p.465-494 *in* the Proceeding of Symposium on Cultural Techniques and Management in Pear. Taichung District Agricultural Improvement Station Pub. Taichung. (in Chinese with English abstract)

Kuo, C. T., J. C. Yiu, and C. S. Chang. 2007. Effects of storage temperature and harvest maturity on skin blackening and the activities of phenylalanine ammonia lyase and polyphenol oxidase in Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nak.var. Shinsetsu). J. Taiwan Soc. Hortic. Sci. 53:59-73. (in Chinese with English abstract)

Shiesh, C. C., and S. M. Hsueh. 2005. Postharvest technology of Asian pear. p.495-500 *in* the Proceeding of Symposium on Cultural Techniques and Management in Pear. Taichung District Agricultural Improvement Station Pub. Taichung. (in Chinese with English abstract)

行政院農業委員會農業試驗所 1895 AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE

The Effect of Controlled Atmosphere Storage on the Quality of Late Harvest Annual-Grafting ‘Shinko’ Pear Fruits[1]

Chao-Chia Huang[2,4], Huei-Suei Huang[2], Chin-Yu Tsai[2] and Su-Jein Chang[3]

Abstract

Huang, C. C., H. S. Huang, C. Y. Tsai, and S. J. Chang. 2007. The effect of controlled atmosphere storage on the quality of late harvest annual-grafting ‘Shinko’ pear fruits. J. Taiwan Agric. Res. 56:206-214.

Annual grafting ‘Shinko’ pear fruits are always harvested late for better eating quality and higher price. After short term storage the price will become even higher. However these late harvest fruits have short storage life. Fruit softening, which can be easily felt by hand is a major problem. In this study, 40% of the fruits became soft after 2 months storage at 1-2℃ followed by 2 days on shelf (23-28℃). Controlled atmosphere storage including 2.2% O_2, 2.3% O_2+2.1% CO_2 and 2.1% O_2+5.1% CO_2 significantly decreased the occurrence of fruit softening. The fruit softening was less than 20% in these treatments. After 3 months storage followed by 2 days on shelf only 25% of fruits are salable in control. In addition to fruit softening (about 65% of fruits), spongy tissue (50% of fruits), water soaking tissue (40% of fruits) and black spot on skin (20% of fruits) all lowered the fruit salability. Most of these defects were decreased to less than 40% of fruits by controlled atmosphere storage. The best treatment in controlled atmosphere storage is 2.3% O_2 combined with 2.1% CO_2. Only 10% fruits became soft and with spongy tissue. 90% of the fruits had marketable value. The freshness such as fruit appearance was also much better in controlled atmosphere storage than cold storage. Differences in fruit firmness, sugar content and acid content were not significantly different among fruits with cold storage and all controlled atmosphere storages. Occurrence of fruit softening was judged mainly by hand-feeling and was not detectable with fruit firmness tester; this was because softening occurred only on the surface layers of fruit tissue and skin. After cutting, spongy tissue and water soaking tissue are detected in air stored fruits. All these defects lowered the storage life of late harvest ‘Shinko’ pears and they were significantly retarded with controlled atmosphere storage.

Key word: Asian pear, Controlled atmosphere storage, Fruit quality.

---

1. Contribution No.2295 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted:August 15, 2007.
2. Associate Horticulturist, Project Assistant, Plant Science Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Associate Researcher, Crop Improvement Section, Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Miaoli, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail:cchuang@wufeng.tari.gov.tw; Fax:(04)23338162.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 56(3):215-223 (2007)

拔蕉 (*Musa balbisiana* L. A. Colla) 台灣新歸化野生香蕉[1]

邱輝龍[2] 李淑英[3] 葉慶龍[4,7] 許圳塗[5] 葉川榮[6]

摘　要

邱輝龍、李淑英、葉慶龍、許圳塗、葉川榮。2007。拔蕉 (*Musa balbisiana* L. A. Colla)，台灣新歸化野生香蕉。台灣農業研究 56:215-223。

芭蕉屬植物是芭蕉科中最大且最重要的一屬，約有 30-40 個種。台灣植物誌記載了 2 個台灣原生種芭蕉。本研究報導 1 歸化於台灣嘉義、屏東恆春半島及花蓮地區的野生種香蕉-拔蕉 (*Musa balbisiana* L. A. Colla)。本植物植株高大粗壯、叢生，假莖前端及葉鞘部分披有白粉，果軸與花序軸光滑無毛，雄花苞苞片深紫紅色，展開後不反捲且部分宿存，種子不規則鵝卵形，明顯不同於台灣原生野生種香蕉。本文提供此歸化種的植株描述、分布、線描圖及彩色照片。並製作檢索表以資區別原生與歸化台灣之芭蕉屬植物。

關鍵詞：芭蕉科、芭蕉屬、拔蕉、歸化植物、台灣。

前　言

芭蕉屬 (*Musa*) 是芭蕉科 (Musaceae) 中最大且最重要的一屬，許多重要的經濟栽培品種均隸屬此屬。主要分布於亞洲南部、東南亞、大洋洲、印度半島及薩摩亞 (Samoa) 群島等熱帶地區之潮濕但不積水的山谷及中低海拔的林間空地 (Cheesman 1948; Daniells *et al*. 2001)。全球約有 30-40 個種，其中尖蕉 (*Musa acuminata* L. A. Colla) 及拔蕉 (*M. balbisiana* L. A. Colla) 是香蕉作物栽培種之原種 (progenitor) (Cheesman 1947, 1948; Dodds & Simmonds 1948; Kurz 1865; Simmonds & Shepherd 1955) 。除此之外，一些栽培種之遺傳組成亦包含 *M. schizocarpa* N. W. Simmonds 之 S 基因組或纖維蕉 (*M. textilis* Nee.) 之 T 基因組 (Carreel *et al.* 1994, 2002)。由於體細胞變異與種間雜交加上空間與時間的作用等因素，演化出豐富且多樣的遺傳資源，至今全球已保存超過 6,000 份材料 (INIBAP 2006)。

台灣位於芭蕉屬植物歧異化中心外緣北端，台灣植物誌第一、二版僅記載台灣芭蕉 (*M. formosana* Hayata) 與蘭嶼芭蕉 (*M. insularimontana* Hayata) 二個原生種 (Kao & Lai 1976; Ying 2000)，其中台灣芭蕉已被確認，而蘭嶼芭蕉則尚待釐清 (Chiu *et al*. 2004; Chiu 2005)。筆者等在嘉義中埔、污水地區、高雄、恆春、及花蓮地區觀察到一種台灣植物誌並未記載的野生種香蕉，這些族

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2296 號。接受日期：2007 年 8 月 20 日。
2. 本所作物種原組助理研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 台灣香蕉研究所助理研究員。台灣 屏東縣 九如鄉。
4. 屏東科技大學森林系副教授。台灣 屏東縣 內埔鄉。
5. 國立台灣大學園藝系教授。台北市。
6. 高雄師範大學教育學研究所博士班研究生。高雄市。
7. 通訊作者，電子郵件：pumayeh@gmail.com；傳真機：(08)7740134。

群在前述地區均能自行繁衍，其特徵是吸芽叢生；假莖高大粗壯、黃綠色；假莖頂端及葉鞘部分披有白粉；果軸與花序軸光滑無毛；雄花苞苞片深紫紅色、頂端黃色，覆瓦狀，寬卵形，先端鈍形，展開後不反捲；雄合瓣花外側帶有紫紅色色暈；每心室具四行不整齊胚珠；種子黑褐色、不規則鵝卵形。經資料比對為原生於印度南部、緬甸、泰國及菲律賓等地區的㧣蕉。本文提供此歸化種的描述、在台灣之分布地區、線描圖及彩色照片，並製作檢索表以資區別原生與歸化台灣之芭蕉屬植物。

材料與方法

供試野生香蕉與性狀調查

本試驗之材料，為 1998 至 2002 年間採自台灣嘉義中埔、沄水地區山坡地，共 10 份營養繁殖株。取回後，種植於台中霧峰農業試驗所作物種原保存圃。每份材料叢生 5-10 無性繁殖株。線描圖乃依據保存於農業試驗所作物種原保存圃的材料繪製而成。

依據 1984 年及 1996 年國際植物遺傳資源研究所 (International Board for Plant Genetic Resources/International Plant Genetic Resources Institute, IBPGR/IPGRI) 出版之香蕉性狀描述簿 (Revised Banana Descriptors)，調查與描述其質量性狀特性，數量性狀則依下列方法測量：(1). 假莖 (pseudostem) 高度指將抽花苞之植株從地面至花苞抽出處之高度；(2). 假莖周長 (circumference) 指測量將抽花苞之植株離地面 30 cm 處之假莖圓周長；(3). 葉片 (lamina) 長指從假莖頂端往下數第四片完全展開之葉片基部至先端之長度；(4). 而葉片寬指葉片最寬的部份的長度；(5). 葉柄 (petiole) 長是指葉片基部至葉鞘之長度。果實性狀包括：(6). 果指長指不包括果梗之果指長度；(7). 果指周長測量果指最寬的圓周長；(8). 果指重指不包括果梗重之果指重量；(9). 種子大小是指種子最寬的橫徑與種臍至種脊的長度；(10). 種子百粒重為 100 粒之重量。

結　　果

分類處理

***Musa balbisiana* L. A. Colla**, Memorie dell′ accademia reale delle scienze di Torino 25:384 (1820). [Memoria sul genera Musa e monografia del Medesimo 56 (1820).] and E. E. Cheesman, Kew Bulletin 3(1):14 (1948).（圖 1、圖 2）。

Calem-Bala Hendrick Adriaan van Rheede tot Drakenstein, Hort. Malab. 20 (1686).

Musa XI Pisang batu seu pisang bidii G. E. Rumphius, Herb. Amb. 5, 132, t. 60 fig. f. (1750).

Musa troglodytarum C. Linnaeus, Species Plantarum ed. II. 1478 (1763).

Musa seminifera J. de Loureiro, Fl. Cochinch. 644 (1790).

Musa sapientum C. Linnaeus (‘*the wild sor*’) *sensu* W. Roxburgh, Hort. Beng. 19 (1814); Corom. Pl. t. 275 (1819); Fl. Ind. 2, 484 (1824) *et ed.* 2. 663 (1832); *non* C. Linnaeus.

Musa sapientum C. Linnaeus *sec*. F. A. W. Miquel, Fl. Ind. Bat. 587 (1855) *quoad Pisang bidji; sec.* S. Kurz in Journ. Agric. Hort. Soc. India 14, 296-301 (1865-66) *excl. syn. M. paradisiaca; non* C. Linnaeus.

Musa paradisiaca C. Linnaeus *sec*. Trimen, Flora of Ceylon 4, 265 (1898); *non* C. Linnaeus.

Musa brachycarpa C. A. Backer, in Handb. Flora van Java, Alf. 3. 134 (1924).

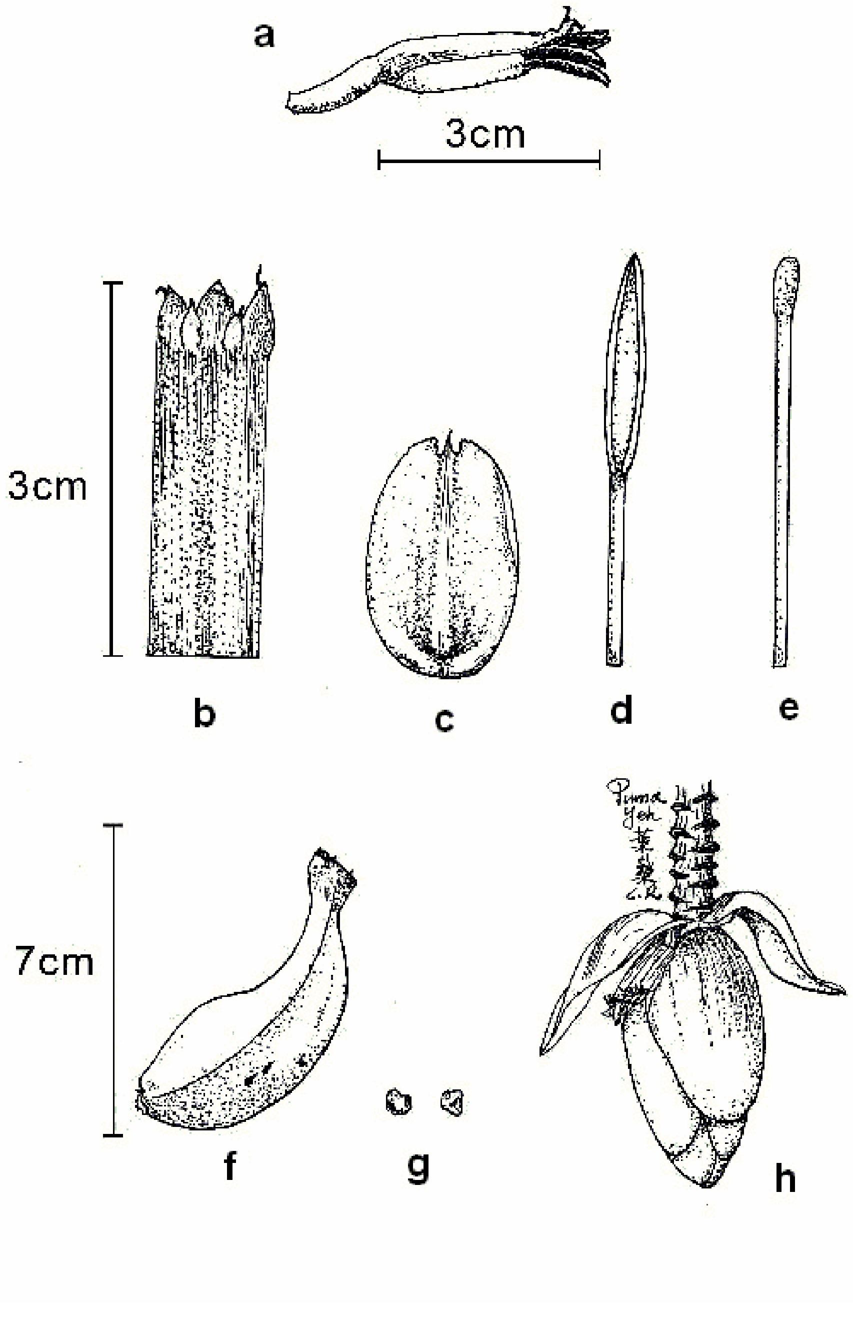


圖 1. 拔蕉描圖。a.雄花；b.雄花複合瓣；c.雄花游離瓣；d.雄蕊；e.雄花花柱；f.果實；g.種子；h.雄花苞。
Fig. 1. Line draw of *Musa balbisiana* L. A. Colla. a. Male flower; b. Compound tepal of male flower; c. Free tepal of male flower; d. Stamen; e. Style of male flower; f. Fruit; g. Seeds; h. Male bud.

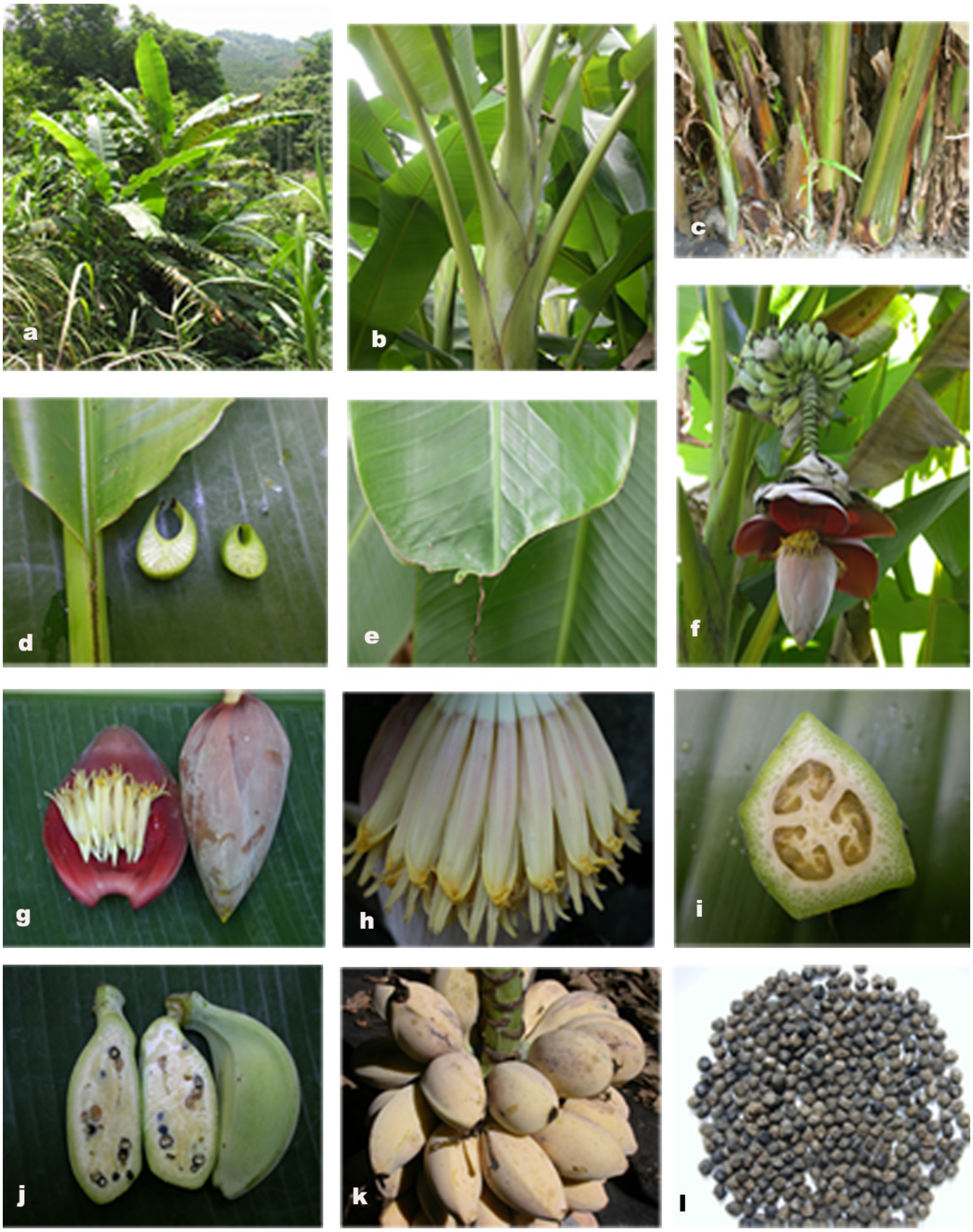


圖 2. 拔蕉。a.嘉義地區之生育地；b.葉鞘；c.假莖基部；d.葉柄橫切面及葉基部；e.葉先端；f.花序；g.雄花苞及其苞片；h.雄蕊；i.幼果橫切面；j.果實；k.完熟果實；l.種子。

Fig. 2. *Musa balbisiana* L. A. Colla. a. Habitat; b. Sheathes; c. The base of pseudostems; d. Cross section of petiole and the base of leaf; e. The apex of leaf; f. Inflorescence; g. Male bud and its bract; h. Stamen; i. Cross section of fruit finger showing four-rowed of ovules; j. Immature fruit and longitudinal section of immature fruit showing seeds imbedded in pulp; k. Mature fruit; l. Seeds.

Musa sapientum L. subsp. *seminifera* J. de Loureiro forma *pruinosa* G. King MSS ex J. G. Baker, Ann. Bot. 7, 214 (1893).

Musa sapientum L. var. pruinosa G. King MSS ex A. M. Cowan & J. M. Cowan, Trees of North. Bengal. 135 (1929).

Musa liukiuensis (J. Matsumura) T. Makino ex Kuroiwa, Bot. Mag. (Tokyo) 14:141(1900).

Musa paradisiaca L. subsp. *seminifera* (J. de Loureiro) J. G. Baker var. *pruinosa* G. King MSS ex K. Schumann ex A. M. Cowan & J. M. Cowan, Trees of North. Bengal. 135(1929).

Musa paradisiaca L. subsp. *sapientum* (L.) K. Schumann, Revis. Gen. Pl. 2:692(1891).

Musa dechangensis J. L. Liu & M. G. Liu, Acta Bot. Yunnan. 9:163(1987).

Musa lushanensis J. L. Liu, Acta Bot. Yunnan. 11:171(1989).

Musa luteola J. L. Liu, Invest. Stud. Nat. 10:41(1990).

性狀描述

植株叢生、強健，高可達 5 m 以上；基部 30 cm 處周長約 50-70 cm，深綠色；葉鞘黃綠色或綠色，葉鞘及葉柄披覆不同程度的白粉，葉序互生。葉片長橢圓形 (oblong)，全緣，長約 2-3 m、寬 40-50 cm，先端斜截形 (truncate)，基部不對稱心形 (unequal cordate)；葉面綠色，葉背淺綠微覆白粉，中肋綠色或黃綠色；葉柄約 50-60 cm，前端邊緣緊閉朝內，基部邊緣黑色，緊裹假莖。

花序下垂，果梗及花序軸光滑無毛。基部為雌性花，每果手約 12-16 果指，呈二列；頂端為雄花。花軸長 (rachis) 介於 63-93 cm 之間。雄花苞持續綻放，寬卵形，長約 15.9 cm，寬約 6.9 cm。最外層苞片包覆整個花苞，頂端鈍形 (obtuse)，深紫紅色，惟尖端為黃綠色。苞片長約 13.1 cm，寬約 10.1 cm，外層表面覆有不同程度的白粉，帶有縱向稜紋，內層暗紅色，稜紋間有橫向的皺摺，同一時間有多片苞片展開，不外捲，花謝後苞片會脫落，苞痕明顯，但有些宿存，特別是較後期展開的苞片。

雄蕊 (stamen) 複合瓣 (compound tepal) 約 4.0 cm 長，1.2 cm 寬，淡白至淡黃色，外側帶有紫紅色暈，頂端為黃色，五齒裂。游離瓣 (free tepal) 透明白色，船形，頂端淺內凹，凹陷處帶有小尖頭；內凹可藏花蜜，長度約為複合瓣的二分之一。雄蕊五枚，花柱一枚，均與花被等長，成熟時伸出花被。子房下位 (epigynous)，淡黃色，長約 1.6 cm。

果串下垂、緊密，果指白綠色，約 8.5 cm、寬約 10.8 cm，果柄約 1.4 cm，稜角明顯，頂端呈寬鈍形，柱頭宿存。成熟時呈淺黃色、果肉白色、具甜味及香氣，果皮約 1.6 mm，果重約 39.3 g，種子黑褐色，具不明顯疣，不規則鵝卵狀，大小約 4.7 mm × 5.6 mm，百粒重約為 6.8 g。

分布

嘉義中埔、沄水、高雄嶺頂、屏東恆春半島及花蓮月眉橋等地。

引證標本

TAIWAN CHIAYI: Jhongpu, *H. L. Chiu*, Apr. 2001; May 2007 (PPI), Yunshuei, *H. L. Chiu,* Apr. 2001; May 2007 (PPI), KAOHSING: Lingkeng , *H. L. Chiu*, Dec. 2000 (PPI), **PINGTUNG**: Kenting street, *C. L. Yeh* & *C. R. Yeh*, Apr. 2007 (PPI), Kenting Forest Recreation Area, *H. L. Chiu*, Jan. 2006 (PPI); *C. L. Yeh*, Oct. 2006 (PPI); *C. R. Yeh* & *C. L. Yeh*, Apr. 2007 (PPI), Longpan, *C. R. Yeh* & *C. L. Yeh*, Apr. 2007 (PPI), **HUALIEN:** Yuemei Bridage, *H. L. Chiu*, May 2001 (PPI)。

台灣野生芭蕉屬植物檢索表

1. 葉鞘前端及葉背面無蠟粉或微被蠟粉；花軸及果軸密佈絨毛；雄花苞苞片展開後反捲；具走莖
   2. 雄花苞苞片黃綠色披覆紫紅色縱向條紋…………………………… 台灣芭蕉 *Musa formosana*
   2. 雄花苞苞片暗紫紅或紫紅色………………… 蘭嶼芭蕉 *Musa insularimontana* (Hayata 1913)
1. 葉鞘前端及葉背面均被蠟粉或微被蠟粉；花軸及果軸光滑無毛；雄花苞苞片展開後不反捲；不具走莖………………………………………………………………………………………… 拔蕉 *Musa balbisiana*

討　論

雖然拔蕉是香蕉栽培種的原種之一，但其遺傳歧異度至今仍未詳細探討，也無亞種被提出，其原生地亦尚未完全確定 (De Langhe & De Maret 1999; Shepherd 1990; Sotto & Rabara 2002; Ude *et al.* 2002)。Sotto and Rabara (2002) 調查自菲律賓採集的 75 份拔蕉材料即指出其遺傳變異應相當地大，另外 Carreel 等人 (2002) 及 Ude 等人 (2002) 的研究亦指出拔蕉的遺傳歧異度比預期的大，並建議要加強此物種的相關研究。

拔蕉的用途相當廣泛，在東南亞地區，特別是馬來地區、泰國、印度及菲律賓地區的居民取其雄花苞 (male bud) 及內層的假莖當做蔬菜，醃製幼果（種子尚未發育前）食用，葉片則用做食物包裝材料，抽取假莖纖維做成繩索或其他纖維製品或做爲牲畜的飼料等等 (Allen 1965; Sharrock 1997; Simmond 1962)。

台灣香蕉作物種原有計畫的引進、搜集與保存始於 1970 年台灣香蕉研究所成立，並於 1983 年起在農業試驗所嘉義分所 (Chia-Yi Agricultural Experiment Station, Agriculture Research Institute) 進行田間保存，至今共保存 178 份材料，其中有幾份拔蕉材料 (Tang *et al*. 1997)。除此之外，墾丁森林遊樂園區、台灣大學與中興大學均有保存拔蕉材料。有些拔蕉，如‘Pacol’，因其果肉中種子數較少且其纖維韌度較強，常被當作馬尼拉麻 (Manila hemp) 使用，且早期菲律賓爲改良纖維蕉的纖維品質與抗病性，進行雜交育種，育出許多品種，目前可確認的品種將近 100 多個。例如與拔蕉‘Pacol’雜交，育出‘Canton’及‘Pacol’等品種，但因親本間染色體數不等的關係，這些品種幾乎都不稔 (Valmayor *et al*. 2002)。雖然嘉義分所有保存‘Abaca’材料 [Abaca 即是馬尼拉麻，纖維蕉栽培狀態時的稱呼 (Valmayor *et al*. 2002)]，且墾丁森林遊樂園區所保存的材料採自蘭嶼。由於這些材料的植株強健高大、果肉均佈滿種子，且雄花苞顏色爲紅褐色、最外層苞片幾乎覆蓋整個雄花苞、果串緊密，與纖維蕉植株纖細、雄花苞爲綠褐色或紫褐色、最外層的苞片僅覆蓋三分之二雄花苞、果串鬆散的特徵明顯不同，推測這些材料應是纖維用的拔蕉。由於拔蕉果實內充滿種子，不堪食用，且筆者等採集到的拔蕉均是沿著馬路的斜坡生長，人爲特意栽培的可能性不大。因中埔與沄水地區與嘉義分所（嘉義市）的距離相當近，推測這些材料可能是候鳥所傳播；屏東墾丁地區根據森林遊樂區退休人員表示，日據時代曾經種植做爲纖維製作的種原，而後在園區內經由台灣獼猴與鳥類啄食後傳播開來。如今在墾丁森林遊樂園區之珊瑚礁森林及建築物屋頂，以及墾丁森林遊樂區牌樓至收票亭沿線公路邊、墾丁大街之排水溝渠邊、龍磐草原避風處之灌叢內皆可見到呈現野生狀態之拔蕉生長。至於高雄與花蓮地區所採集的材料來源則尚待查證，亦不排除爲動物傳播開來之可能性。

引用文獻 (Literature cited)

Allen, P. H. 1965. Annotated index of Philippine Musaceae. Philipp. Agric. 49:320-411.

Carreel, F., D. Gonz′alez de Leon, P. Lagoda, C. Lanaud, C. Jenny, J. P. Horry, and H. Tezenas du Montcel. 2002. Ascertaining maternal and paternal lineage within *Musa* by chloroplast and mitochondrial DNA RFLP analyses. Genome 45:679-692.

Carreel, F., S. Faur′e, D. Gonz′alez de Leon, P. J. L. Lagoda, X. Perrier, F. Bakry, H. Tezenas du Montcel, C. Lanaud, and J. P. Horry. 1994. Evaluation de la diversit′e g′en′etique chez les bananiers diploides (*Musa* sp). Genet. Sel. Evol. 26:Suppl. 125-136. (in France with English abstract)

Cheesman, E. E. 1947. The classification of the bananas. Kew Bull. 2:97-117.

Cheesman, E. E. 1948. The classification of the bananas. Kew Bull. 2:145-153.

Chiu, H. L. 2005. The Collection, Evaluation and Analysis of Genetic Diversity of *Musa formosana* (Warb.) Hayata native in Taiwan. Ph. D. Thesis. National Taiwan University, Taipei. 185 pp. (in Chinese with English abstract)

Chiu, H. L., C. T. Shii, T. L. Chang, S. W. Lee, and M. J. Fan. 2004. Morphological characterization of *Musa formosana*. J. Agric. Res. China 53:207-216. (in Chinese with English abstract)

Colla, L. A. 1820. *Musa balbisiana* Colla. Mem. Gen. Musa. 56. Memorie dell′ accademia reale delle scienze di Torino 25:384.

Daniells, J., C. Jenny, D. Karamura, and K. Tomekpe. 2001. *Musalogue*:a Catalogue of *Musa* Germplasm-Diversity in the Genus *Musa*. International Network for the Improvement of Banana and Plantain Press, Montpellier. France. 213 pp.

De Langhe, E., and P. De Maret. 1999. Tracking the bananas: its significance in early agriculture. p.377-396 *in* The Prehistory of Food: Appetites for Change. (Gosden, C. & J. Mather eds.) Routledge Press. London, UK.

Dodds, K. S., and N. W. Simmonds. 1948. Genetical and cytological studies of *Musa*. Ⅸ. The origin of an edible diploid and the significance of interspecific hybridization in the banana complex. J. Genet. 48:285-296.

Hayata, B. 1913. *Musa insularimontana* Hayata. Icones plantarum formosanarum nec non et contributions ad floram formosanam. 3:194.

IBPGR. 1984. Revised Banana Descriptors. International Board for Plant Genetic Resources Press. Rome, Italy. 31 pp.

INIBAP. 2006. Global Conservation Strategy for *Musa* (Banana and Plantain). International Network for the Improvement of Banana and Plantain Press. Montpellier, France. 27 pp.

IPGRI-INIBAP/CIRAD. 1996. Descriptors for Banana (*Musa spp.*). International Plant Genetic Resources Institute Press. Rome, Italy. 55 pp.

Kao, M. T., and M. J. Lai. 1978. Musaceae. p.827-830. *in* Flora of Taiwan, 1st edition. (Li *et al*. eds.) Epoch Publish Co. Press. Taipei.

Kurz, S. 1865. Note on the plantains of the Indian Archipelago. J. Agrihortic. Soc. W. Indian. 14:295-301.

Sharrock, S. 1997. Uses of *Musa*. p.42-44. *in* International Network for the Improvement of Banana and Plantain annual report 1996. Network for the Improvement of Banana and Plantain Press. Montpellier, France.

Shepherd, K. 1990. Observations on *Musa* taxonomy. p.158-165. *in* Identification of Genetic Diversity in the Genus *Musa* (Jarret, R. L. ed.). International Board for Plant Genetic Resources Press, Rome, Italy.

Simmonds, N. W. 1962. The Evolution of the Bananas. Longmans Press. London, UK. 170 pp.

Simmonds, N. W., and K. Shepherd. 1955. The taxonomy and origins of the cultivated banana. J. Linn. Soc. (Botany) London 55:302-312.

Sotto, R. C., and R. C. Rabara. 2002. Morphological diversity of *Musa balbisiana* Colla in the Philippines. Info*Musa* 9:28-30.

Tang, C. T. 1997. The conservation and management of genetic resources of *Musa* spp. in Taiwan. p.84-91. *in* Technical Publication for the Training Course of the Conservation of Fruit Germplasm. (Taiwan Agriculture Research Institute ed.) Agric. Res. Inst. Pub. No.61. Taichung, Taiwan. (in Chinese with English abstract)

Ude, G., M. Pillay, D. Nwakanma, and A. Tenkouano. 2002. Genetic diversity in *Musa acuminata* Colla and *Musa balbisiana* Colla and some of their natural hybrids using AFLP markers. Thero. Appl. Genet. 104:1246-1252.

Valmayor, R. V., R. R. C. Espino, and O. C. Pascua. 2002. The Wild and Cultivated Bananas of the Philippines. The Philippines Agriculture and Research Foundation, Incorporation Press. Los Banos, Philippines. 242 pp.

Ying, S. S. 2000. Musaceae. p.704-706. *in* Flora of Taiwan, 2nd ed. (Editorial Committee of the Flora of Taiwan ed.) Editorial Committee of the Flora of Taiwan Pub. Taipei.

Musa balbisiana L. A. Colla, A Newly Naturalized Wild Banana in Taiwan[1]

Hui-Lung Chiu[2], Shu-Inn Lee[3], Ching-Long Yeh[4,7],
Chou-Tou Shii[5] and Chuan-Rong Yeh[6]

Abstract

Chiu, H. L., S. I. Lee, C. L. Yeh, C. T. Shii, and C. R. Yeh. 2007. *Musa balbisiana* L. A. Colla, a newly naturalized wild banana in Taiwan. J. Taiwan. Agric. Res. 56:215-223.

Musa L., comprising about 30-40 species, is one of the largest genera and the most important perennial crops in the family Musaceae. In Taiwan 2 native species of *Musa* have been recorded. *Musa balbisiana* L. A. Colla is described as a new naturalized plant to the flora of Taiwan in this paper. It is a wild banana and found in southern and southeastern Taiwan. *M. balbisiana* could be easily distinguished from *M. formosana* native in Taiwan by having no stoloniferous suckers, highly and robust pseudostems, more or less glaucous leaf-sheaths and petioles, glabrous peduncle and rachis, dark purple-red bracts, no revolute bracts when lifted, occasionally persistent bracts after flowering and irregular globose seeds.

Key words: Musaceae, *Musa*, *Musa balbisiana*, naturalized plant, Taiwan.

---

1. Contribution No.2296 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: August 20, 2007.
2. Assistant Researcher, Plant Germplasm Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Researcher, Taiwan Banana Research Institute, Pingtung, Taiwan, ROC.
4. Associate professor, Department of Forestry, Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan, ROC.
5. Professor, Department of Horticulture, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.
6. Doctoral student, Department of Education, National Kaohsiung Normal University, Kaohsiung, Taiwan, ROC.
7. Corresponding author, e-mail: pumayeh@gmail.com; Fax: (08)7740134.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 56(3):224-236 (2007)

利用葉綠素螢光估算作物葉片之光合作用[1]

姚銘輝[2,3] 陳守泓[2] 漆匡時[2]

摘　要

姚銘輝、陳守泓、漆匡時。2007。利用葉綠素螢光估算作物葉片之光合作用。台灣農業研究 56:224-236。

葉綠素螢光可作爲偵測光合作用胞器之激發能量，並提供光合作用機制及調節的觀察。但目前缺乏利用葉綠素螢光模組偵測水稻植株在田間環境之快速及非破壞性量測資料。本研究比較水稻葉片之葉綠素螢光及二氧化碳吸收，包括比較兩者之不同參數、日變化及提高二氧化碳濃度之影響，結果顯示葉片之淨同化速率可由螢光參數之電子傳遞速率作精確估算。基於此理由，相較於一般利用二氧化碳消耗測定光合作用速率，本研究證實監測葉綠素螢光更可作爲篩選預測作物潛在生產力及逆境耐性之有用指標。

關鍵詞：作物、光合作用、葉綠素螢光、電子傳遞速率。

前　言

利用葉綠素螢光釋放特性以探討葉片能量使用效率、過多能量釋放機制及 PSⅡ (photosystem II) 的光呼吸的研究很多 (Foyer *et al*. 2002)。由於此種測定方法較傳統近紅外線氣體分析或氧電極來得快速及非破壞性，因此，可利用葉綠素螢光測值與葉片二氧化碳交換速率 (CO_2 exchange rate ; CER) 做探討。C4 型植物因在光照下幾乎沒有光呼吸 (photorespiration)，因此 PSⅡ光量子產量 (Φ_{PSII}) 和二氧化碳固定的光量子產量 (Φco_2) 有線性或近於線性的關係性 (Earl & Tollenaar 1998)；至於 C3 型植物，利用高 CO_2 分壓及低 O_2 分壓處理以減少光呼吸，則螢光及 CO_2 固定仍可以得到線性關係 (Hai & Kubota 2006)。

植物葉片在低光狀態下，光量子產量高時，葉片所接受光子 97%用於光化學反應，2.5%以熱釋放，0.5%以螢光釋放。當遭遇逆境時，PSII 反應中心關閉，95-97%葉片所吸收能量以熱釋放，2.5-5.0%則以螢光釋放 (Bölhar-Nordenkampf & Öquist 1993)。由於光化學及熱的偵測較爲困難，可透過螢光的釋放量作一估算。因此，利用葉綠素螢光可作爲作物對環境耐性之選拔工具，包括高低溫 (Ambrosio *et al.* 2006)、乾旱 (Souza *et al.* 2004) 和高光逆境 (Hirotsu *et al.* 2005)，也有文獻探討提高二氧化碳對葉綠素螢光釋放之影響等 (Špunda *et al*. 2005)。

葉綠素螢光之不同參數可依據黑暗及照光兩條件下，由葉片螢光釋放量 (Fo, Fo’) 及飽和光源照射後之螢光量 (Fm, Fm’) 計算而來 (Roháček 2002)。有多種螢光參數可運用在偵測光合作用上，其中，電子傳遞速率 (electron transfer rate; ETR) 是由螢光參數乘以光合作用有效輻射

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2297 號。接受日期：2007 年 8 月 20 日。
2. 本所農工組副研究員、聘用人員、助理研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件：mhyao@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23331673。

(photosynthetic active radiation; PAR) 及作物係數計算而來。電子傳遞速率和光合作用間有密切關係，有學者認爲由 ETR 數值可反應光合作用速率 (Silva & Santos 2004)。ETR 數值也可作爲水稻水分利用效率篩選的參考指標 (Yao *et al.* 2006)。

水稻是我國重要農作物，面對生長逆境或氣候變遷之衝擊，篩選各種抗性品種是相當重要工作。光合作用是作物乾物重累積之主要同化過程，也是評估品種逆境適應及產量潛力的重要指標，但一般以近紅外光氣體分析方式偵測速度緩慢，面對龐大種源材料篩選時有其限制，因此發展簡易及快速之偵測技術是必要方向。不同逆境的發生皆會影響到葉片能量的平衡及固碳作用，當光合作用速率減緩時，太陽輻射量仍持續照射葉片，作物對於過多能量需有防禦及代謝機制，但若超過負荷則有光抑制 (photoinhibition) 現象，形成二次傷害。至於如何判定能量的平衡與否，利用葉綠素螢光測定是一種有效的工具。但目前有關光合作用及螢光參數之探討皆在固定環境條件下所建立，缺乏實際田間動態性之量測資料及關係性，因此，本研究選擇以水稻爲材料，探討自然光下葉片光合作用速率與葉綠素螢光之關係性，以建立兩者關係，並測試不同作物（玉米、一串紅及荔枝）之反應是否一致，同時針對提高二氧化碳濃度，對於葉綠素螢光估算光合作用會有何差異，希望藉由各種層面的探討，能對葉綠素螢光在作物生理研究及運用有更深入的了解。

材料與方法

試驗材料之種植

田間試驗地點爲農委會農業試驗所農場，水稻種植品種爲台農 67 號及台中秈 10 號，田間盆缽栽培管理及施肥依慣行方式進行，並於水稻最高分櫱期間量測光合作用速率及葉綠素螢光之日變化。盆缽試驗是將 24 種水稻種原種子經浸水消毒後，播種於含田間土壤之塑膠盆，待至三葉齡移至 1 / 2,500 ha 盆缽（表面積 0.06 m^2，高度 28 cm），每一品種種植三盆，每盆種植一株，填土深度 22 cm。此時將水稻盆缽移植至田間生長，試驗進行期間爲 2006 年 5 月至 6 月間。試驗材料測定時期爲最高分櫱期至抽穗期之前。

水稻 24 種品種包括我國目前栽培種，如稉稻之台稉 2, 8, 9 號，台農 2, 67, 71 號；秈稻如台中秈 10, 11, 17 號，台中再來 1 號，台農秈 12 號；陸稻如南陸 2 號及東陸 3 號。國外品種如 IR8, 28, 54, 64, 72, M2O2, Milyang 23, CICA 8, Koshihikari（越光）, Warisan 及 Lemont 等品種。

另爲測試葉綠素螢光及光合作用之關係，本研究利用其他作物之葉片作測試，包括玉米（*Zea mays L.*）爲 C4 型作物，甜玉米品種（華珍），測定時期爲雄花孕穗期之成熟葉片；一串紅（*Salvia splendens L.*），含有高量葉綠素，測定時期爲種植後 30 天之成熟葉片；荔枝（*Litchi chinensis* Sonn.）屬於果樹類，黑葉品種，兩年生之實生苗，葉片表皮含有臘質。三種作物以盆缽方式種植，栽培管理依據一般慣行方式。

葉片生理量測

光合作用速率及蒸散速率：利用光合作用分析儀 (Model 6400 Licor, Inc., Lincoln, NE USA) 量測水稻葉片光合作用速率、蒸散速率、氣孔導度及氣孔內腔二氧化碳濃度 (Ci) 之數值。光度量測部分：包括日射量計 (pyranometer)：Eppley PSP (precision spectral pyranometer)，測定範圍 285-2800 nm。光子流計 (quantum sensors)：Li-190SA，測定範圍 400-700 nm，每一感測器在

使用前以光學輻射校正器 (optical radiation calibrator; Licor 1800-02, Licor, Inc., Lincoln, NE USA) 校正參數

水稻葉片之葉綠素螢光：將所欲測量葉片置於葉綠素螢光測定儀 (Chlorophyll fluorometer, MINI-PAM, Heinz Walz, Germany) 的偵測器 (sensor head) 上，同時儀器包括測定瞬間光強及葉溫，所得資料由儀器下載至電腦分析。螢光參數之定義依據 Roháček (2002) 所述，qP 及 qN 分別定義爲 (M-F) / (M-Fo) 及 (Fm-M) / (Fm-Fo)，M 包括 Fm 或 Fm'。Yield 則定義爲 (M-F) /M=△F/M=△F/Fm'。電子傳遞速率 (electron transfer rate; ETR) 是由螢光參數乘以光合作用有效輻射 (photosynthetic active radiation; PAR) 及係數，其計算式如下：

$$ETR = (Fm' - Fo / Fm) \times PAR \times 0.5 \times 0.84 \quad (1)$$

其中 Fm’-Fo/Fm 爲光化學產量 (photochemical yield)；PAR 單位爲 μmol quanta m^{-2} s^{-1}；0.5 爲傳遞一個電子需吸收 2 光量子 (quanta)；0.84 是作物葉片吸收光量子之係數 (Genty *et al.* 1989)。

光合作用速率估算之方式：由光合作用分析儀所測定之光合作用速率 (gross rate of photosynthetic CO_2 assimilation, A_G)，是由二氧化碳淨同化速率 (net assimilation of CO_2, A_N) 和光呼吸速率 (photorespiration rate, Rd) 所組成。

$$A_G = A_N + Rd \quad (2)$$

但因光呼吸甚難偵測，一般以暗呼吸速率取代，同時呼吸速率爲葉片溫度 (T_L) 的函數，其關係式如下 (Laisk *et al*. 1974)：

$$Rd\ (T_L) = Rd\ (T_O)\ Q_{10}^{\ (0.1T_L - 0.1T_O)} \quad (3)$$

T_O 爲暗呼吸量測時之葉片溫度，依據 He and Edward (1996) 估算水稻之 Rd 值，可簡化爲 Rd (T_L) =1.94 × $1.69^{\ (0.1T_L - 2.5)}$，其中 1.94 爲水稻在 25℃時之暗呼吸值，1.69 爲 Q_{10} 值。本研究依據此公式計算 A_N 值。

環境條件設定及處理

本研究大部份資料來自於田間環境所量測之資料，但有關高二氧化碳環境是在具有氣候控制系統之密閉玻璃溫室進行，溫室之體積爲 18 立方公尺 (3×2×3 m^3)，可控制溫室內溫度及二氧化碳濃度；其中二氧化碳監測是由近紅外光分析儀 (Model WMA-4, PP System, Inc., UK) 量測，相對濕度和氣溫由溫度及濕度探針 (HMP35C, Vaisala Inc., USA)。溫室內光源爲太陽光。

結 果

本研究利用包括稉稻、秈稻、陸稻及國外栽培品種共 24 種，以了解不同水稻葉片在田間（即動態氣候條件）之固碳作用及葉綠素螢光參數之相關係數。由結果顯示，包括螢光參數之 Fv’/Fm’，qP 及 ETR 與光合作用速率達顯著相關（表一），尤其 ETR 與淨同化速率之相關係數 (r^2) 可達 0.81。至於氣孔導度及葉片溫度則和螢光參數無直接相關性。而不同水稻品種之葉片淨同化速率和 ETR 之相關性如圖 1 所示，圖中每一符號代表不同水稻品種，而量測條件是取光度爲 700 - 1,000 μmol m^{-2} s^{-1} 之資料。結果說明品種間對於葉片淨同化速率和 ETR 的反應有一致趨勢，即在正常環境下，品種對於兩者生理反應有高 ETR 則有高同化速率之線性相關。至於其他作物在田間之葉片光合作用速率及葉綠素螢光參數之相關性如表 2 所示。玉米屬於 C4 型作物，幾乎無光呼吸，因此，正常環境下之葉片二氧化碳交換速率與光反應同步進行，兩者相

表 1. 24 種水稻品種之葉片光合作用參數及葉綠素螢光參數之相關性

Table 1. Correlation coefficients of parameters between the chlorophyll fluorescence and the photosynthesis in leaves, for 24 varieties of rice in different light environments

Item	Fv/Fm	Fo'	Fm'	Fv'/Fm	ETR	qp	NPQ
Gross photosynth esisrate (A_G)	0.148	0.297	-0.261	-0.454*[z]	0.532**	-0.457*	0.188
Net Photosynthesis rate (A_N)	0.156	0.312	-0.215	-0.603**	0.813**	-0.645**	0.186
Stomatal conductance	-0.05	0.039	-0.095	-0.110	-0.006	-0.111	0.056
Leaf temperature	-0.119	0.037	-0.375	-0.325	-0.049	-0.337	0.300

[z] **Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels according to the analysis of two-tailed test.

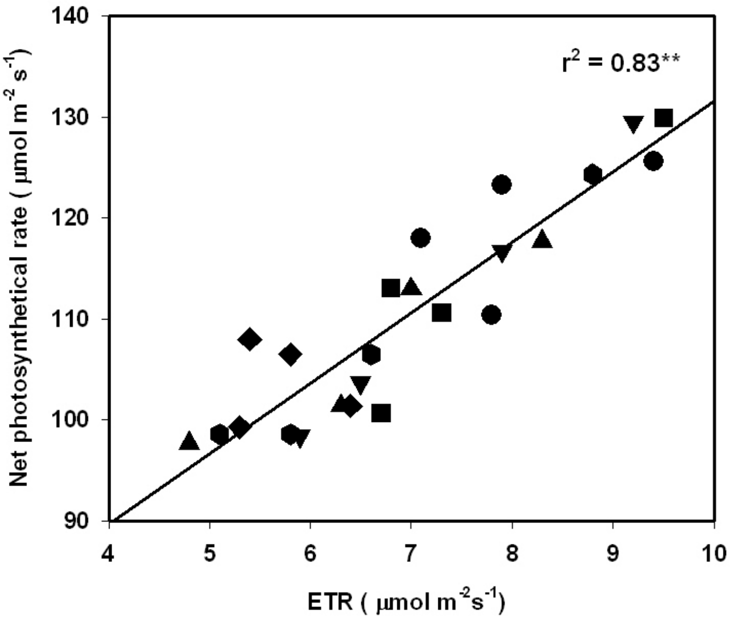


圖 1. 水稻 24 種品種之葉片淨光合作用及電子傳遞速率之相關性。(每一符號代表一品種之平均值)

Fig. 1. Correlation between the net photosynthetic rate (A_N) and electron transport rate (ETR) of rice leaves for 24 cultivars in field-scale. Each symbol represents the mean for one cultivar. (**Extremely significant at the 0.01 probability level.)

關係數可達 0.91。其他二種 C3 型作物與水稻反應相近，包括一串紅及荔枝之相關係數分別為 0.83 及 0.86。同時當強光環境下，約超過 1,000 μmol m^{-2} s^{-1} 以上則電子傳遞速率減慢，這或許是光抑制現象發生所致。

葉片光反應及固碳作用在利用儀器量測時會有時間上差異。光反應能階的改變非常快，但固碳過程則受到許多因素及過程的影響，如氣孔開閉程度、羧化反應 (carboxylation) 酵素活性及太陽光度等。在恆溫環境以藍光 (50 μmol m^{-2} s^{-1}) 刺激氣孔開啓後，探討水稻葉片在不同光強下，固碳作用及 ETR 之變化 (圖 2)。ETR 很明顯受光強影響，隨光強增加之淨同化速率也增加，由於光強設定間距為 300 μmol m^{-2} s^{-1}，但在 700 和 1,000 μmol m^{-2} s^{-1} 光強處理之比較，

表 2. 比較三種作物在不同光合作用有效輻射之淨同化速率及電子傳遞速率

Table 2. Compare the net assimilation rate (A_N) and electron transport rate (ETR) on leaves of three crops under the different photosynthetic active radiation (PAR)

PAR (μmol $m^{-2}s^{-1}$)	*Zea mays* (0.91**) [z]		*Salvia splendens* (0.83**)		*Litchi chinensis* (0.86**)	
	A_N	ETR	A_N	ETR	A_N	ETR
100	4.1±0.8	27.0±4.4	3.5±0.3	23.9±1.9	3.2±0.3	33.4±3.6
200	7.7±0.7	45.0±13.0	6.3±0.4	52.2±5.6	5.8±0.5	49.5±6.7
300	8.6±0.8	59.6±11.1	7.3±0.6	71.5±13.5	6.7±0.7	80.5±15.4
400	9.6±1.3	71.2±14.3	10.3±0.9	94.0±10.6	10.8±0.7	104.0±10.6
500	12.0±1.2	80.3±14.0	11.4±0.6	114.0±21.8	12.1±0.8	122.0±18.9
600	13.9±1.1	109.6±18.2	12.7±0.5	138.7±20.4	12.6±0.6	143.6±16.5
700	15.9±1.0	113.0±20.1	13.4±0.8	155.2±21.8	14.1±0.9	151.2±20.2
800	19.7±1.0	136.7±22.5	14.8±0.8	164.8±25.9	14.6±1.1	166.3±21.8
900	19.8±0.9	156.6±19.5	13.9±0.4	175.1±24.6	13.4±0.9	168.9±19.8
1000	20.1±1.1	156.8±13.8	13.1±0.7	182.1±29.7	11.1±0.8	162.8±22.2
1100	19.5±1.4	107.9±13.7	10.6±0.6	177.2±21.3	10.3±0.7	163.8±18.4
1200	20.0±1.0	102.1±12.4	8.6±0.9	162.6±11.5	9.1±0.6	155.6±22.3

[z] *,**Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels according to the analysis of two-tailed test.

差異不若低光時明顯，顯然光度大於 700 µmol m^{-2} s^{-1} 以上之固碳能力速率已呈平緩。事實上，水稻葉片之光量子產量與光度間的關係，台農 67 號及台中秈 10 號之反應相近，即低光時光能利用效率極高，光量子產量可達 0.1 µmol CO_2 / µmol PAR，而當光強超過 600-700 µmol m^{-2} s^{-1} 則呈平緩，之後光強越高反而有下降趨勢（圖 3）。

田間氣象環境屬於動態性的改變，並且每一氣象因素隨太陽輻射量強弱，而有較大之改變幅度，包括氣溫、土溫、風速及相對溼度等，皆會直接影響作物葉片之生理反應。2006 年 5 月 6 日（太陽日 126）所量測水稻台農 67 號及台中秈 10 號之光合作用速率及葉綠素螢光參數之日變化，顯示當日太陽輻射量在正午時因雲層增厚而下降，日變化形成雙峰之光度變化（圖 4）。因太陽輻射是水稻植株熱量的主要來源，因此水稻葉片溫度與輻射量呈相近變化，但因葉片水分關係，變化幅度不若輻射量快速。日變化有二個輻射量高點分別在上午 10 點及下午 2 點，而正午 12 點雖然輻射量僅 400 µmol m^{-2} s^{-1}，此時台農 67 號及台中秈 10 號之光合作用速率僅略爲下降，但葉片葉綠體之電子傳遞速率明顯下降，其反應特性隨輻射量變化。

高二氧化碳環境 (1,000 ppm) 使光合作用速率增加，同時與電子傳遞速率之相關係數，由 400 ppm 之 0.77，提高至 0.88（圖 5），說明提高大氣中二氧化碳濃度，以增加氣孔內腔 CO_2 擴散梯度，可減少光呼吸作用有助於提高葉片固碳作用與光反應電子傳遞速率以及其相關性。

討　　論

就葉片生理反應的機制而言，暗反應及光反應兩者速率是否一致，可作爲判斷作物生長環境的適當與否。以氣體交換速率作爲量測作物固碳能力，會有光呼吸估算問題，尤其是指 C3 型植物，當然如果細胞內腔 CO_2 值和 O_2 濃度已知，則電子傳遞速率、CO_2 固定量及光呼吸間是可由氣體交換的測定得知 (Von Caemmerer & Farquhar 1981)。但事實上，無法直接由螢光測值去

估算氣體交換速率，主要原因是電子分流至 RuBP (ribulose 1,5-bisphosphate) 羧化及氧化酵素活性受 CO_2（細胞內腔 CO_2 濃度）和 O_2 到 Rubisco (ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase) 作用的比值控制。本研究希望建立可供田間使用之簡易參數，由 24 種水稻在田間估算結果，葉綠體之電子傳遞速率和固碳速率有線性關係（表 1），尤其是利用葉溫估算光呼吸，所得之淨同化速率和 ETR 的相關係數可達 0.81。He & Edwards (1996) 利用葉綠素螢光測值配合氣孔導度模式估算光呼吸，可正確預測水稻光合作用速率，相關係數可達 0.94，但其估算是在環境控制下之結果，且所需螢光及氣象環境參數甚多，運算過程相當複雜，不適用於田間，同時田間環境呈動態改變，在估算上會受其他氣象因素干擾而影響關係性 (Fryer *et al.* 1998)，不過畢竟作物是生長於田間，就本研究結果，ETR 測值仍足以評估葉片光合作用速率。

　　為解決龐大種源材料篩選而發展簡易及快速之偵測技術，是本研究目的之一，但前提是品種或品系需具有固定趨勢反應，比較水稻品種間之 ETR 與淨同化速率之關係（圖 1），雖然每一品種只種植三盆，但因試驗目的在於葉片反應，每一盆測定 10 筆光合作用及螢光之量測值，即每一品種共有 30 筆資料，代表性應是足夠。結果說明所測試之水稻，包括秈稻、梗稻、陸稻及國外栽培品種，不同品種間的反應具有一致趨勢。Earl and Tollenaar (1998) 以玉米為材料的試驗結果也說明基因型差異，並不影響 ETR 與淨同化速率之關係性。至於不同物種間之比較（表 2）結果所示，玉米屬於 C4 型作物，幾乎無光呼吸問題，葉綠體內二氧化碳充分利用，使光反應及暗反應一致，相關係數可達 0.91；至於其他兩種 C3 型作物，主要考量葉綠素含量（一串紅）及葉表臘質（荔枝）的差異，但所得到結果與水稻反應相近，說明 ETR 與同化速率相關性高在不同物種間具有普遍性。

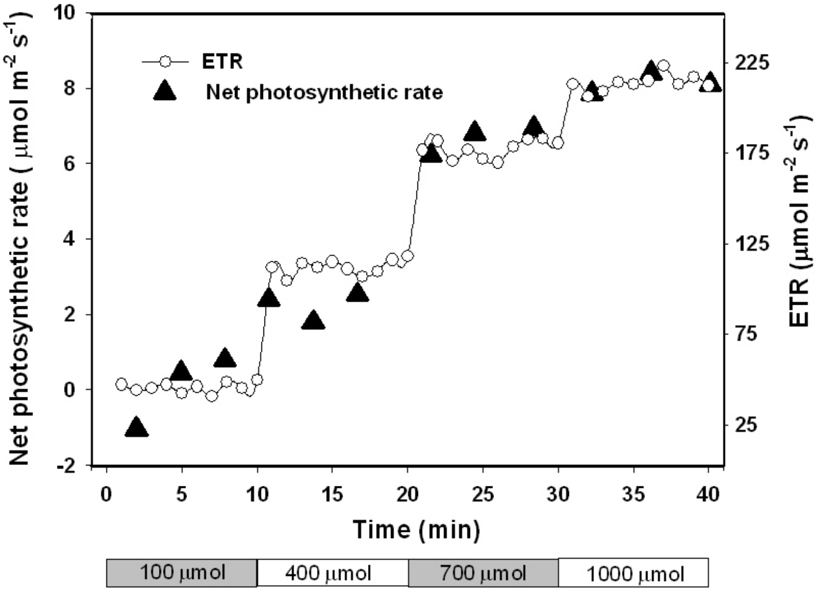
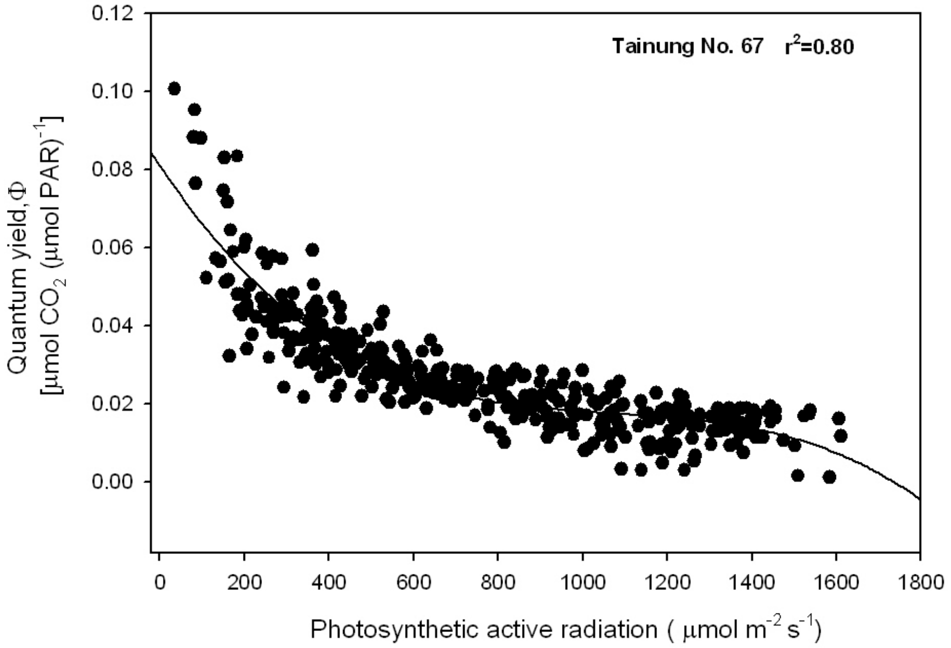


圖 2. 不同光強下之水稻葉片淨光合作用速率及電子傳遞速率之時間變化。

Fig. 2. Time course of net photosynthetic rate (A_N, triangles) and electron transport rate (ETR, circles) of rice leaves at different light intensity levels. Bar indicate the treatment of light intensity.



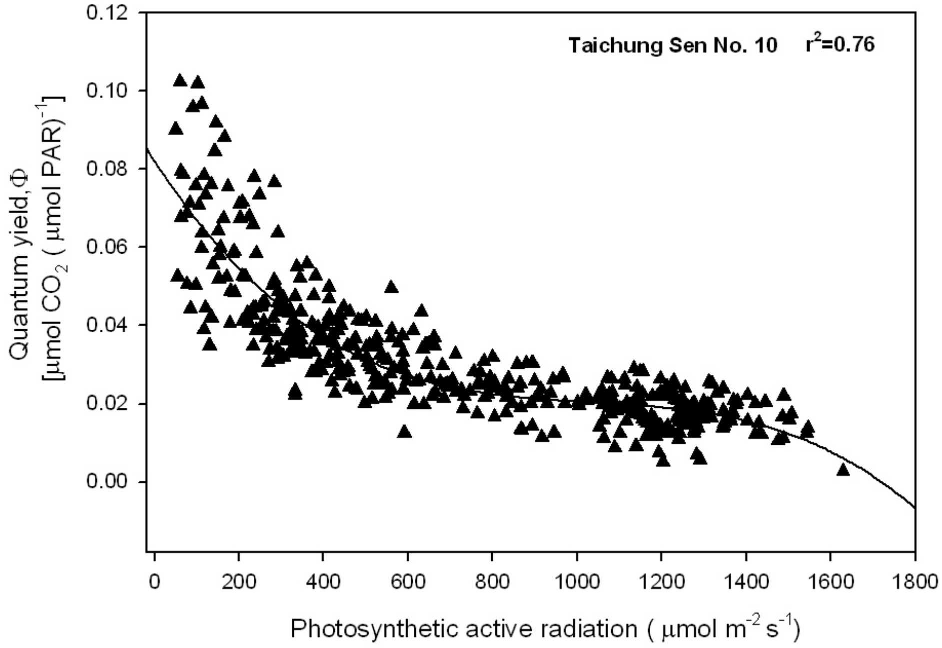


圖 3. 水稻葉片光量子產量與光強度之相關性。

Fig. 3. Change of the quantum yield of rice leaves at different photosynthetic active radiation conditions.

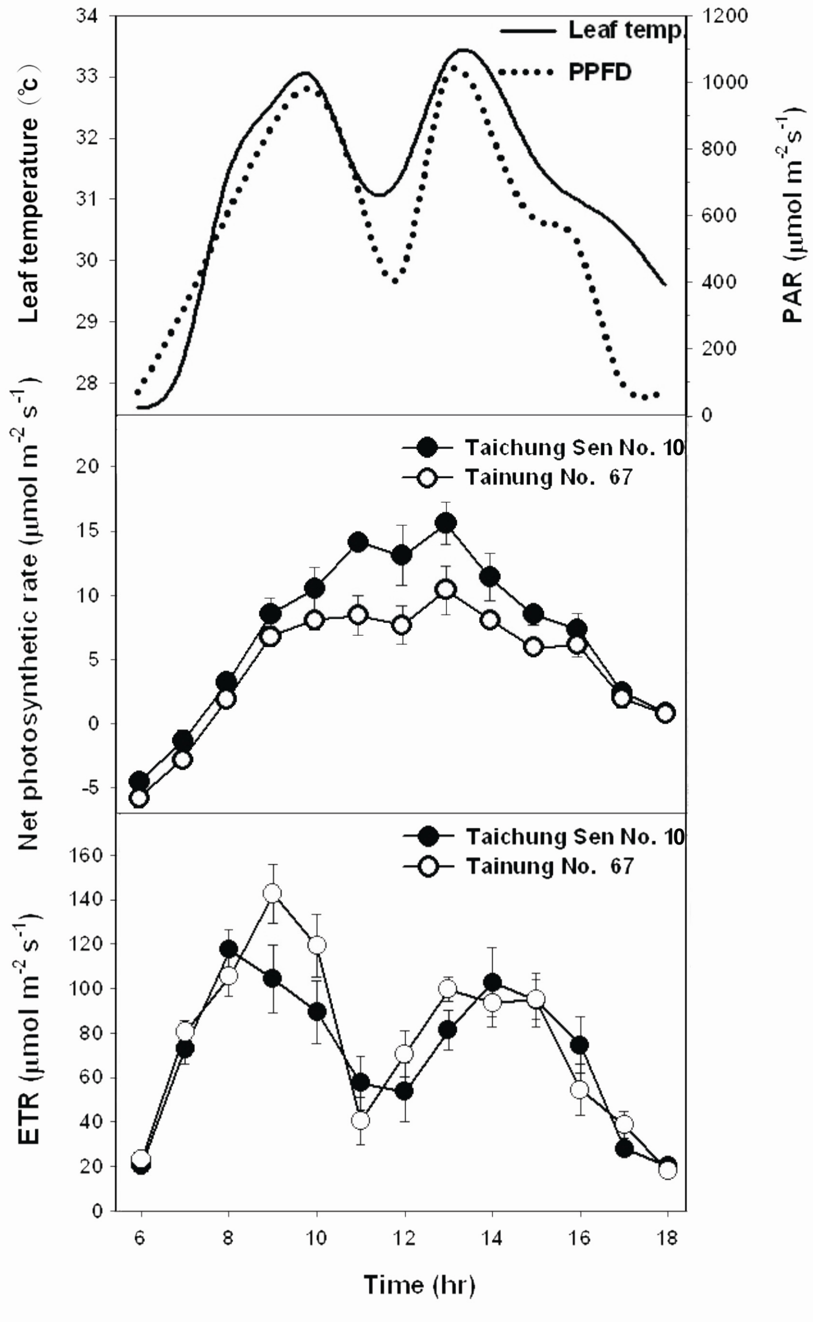


圖 4. 水稻生育期間葉片溫度，光強，淨光合作用速率及葉綠素螢光參數之日變化。

Fig. 4. Diurnal changes of leaf temperature, light intensity, leaf net photosynthetic rate and electron transport rate (ETR) of rice leaves on Calendar day 126, 2006.

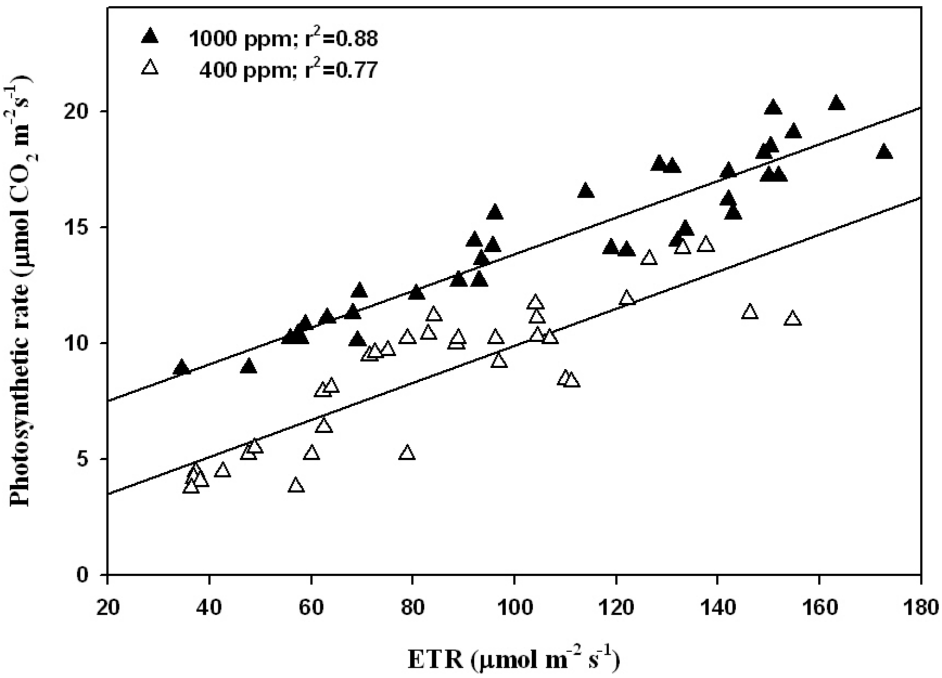


圖 5. 水稻葉片在不同二氧化碳濃度之淨光合作用速率及電子傳遞速率之變化。
Fig. 5. Changes of net photosynthetic rate and electron transport rate of rice leaves at two different CO_2 concentrations.

太陽光照射在作物葉片上，光合作用胞器內光系統活性可提供還原力與 ATP (adenosine triphosphate)。光反應提供能量以進行光合作用，但整個過程需作物其他生理反應相配合，若一些生理反應無法同步進行，則高光能反而對作物造成一種逆境。其中氣孔開啓程度常是生理反應重要指標。Kirschbaum *et al*. (1998) 指出葉片受光後，啓動光合作用之同化速率緩慢增加，通常 Rubisco 活性在 5-10 分鐘內完成，氣孔開啓是逐漸增加，約需 30-60 分鐘。本研究（圖 2）以藍光照射正常生長之水稻葉片一小時後，刺激氣孔開啓及酵素活性，則光合作用限制因素僅在葉片本身的反應。在不同光強範圍量測可發現，ETR 和同化速率隨光強增加，每一光強範圍測値皆有明顯差異，但在光強超過 700 μmol m^{-2} s^{-1} 時差異即不明顯（圖 2）。此現象亦可由台農 67 號及台中秈 10 號之葉片光量子產量與光強之關係性得到驗證（圖 3），即當光強超過 600-700 μmol m^{-2} s^{-1}，水稻葉片對於光能利用效率達最大値，大於 1200 μmol m^{-2} s^{-1} 以上反而有下降趨勢。根據水稻葉片之 ETR 及光合作用之日變化（圖 4），可知當正午太陽輻射突然因雲層增厚而下降，但葉片光合作用僅略微下降，不若 ETR 隨光度快速變化。說明當葉片生理反應（包括氣孔導度、酵素活性及固碳代謝速率）到達高點時，雖照射至葉片之輻射量下降，仍能維持較高的同化速率。事實上，植物葉片之光合作用最高速率大約僅佔葉表所吸收光量的二分之一 (Ott *et al*. 1999)。當然如果 PSII 活化程度超過需求，可透過螢光及熱將過多能量排於植體

外，或是由 xanthophyll 色素循環，在高光下，利用細胞膜內外 pH 梯度差加大使 zeaxanthin 累積，有助於將過多的能量釋放 (Jiang *et al*. 2006)。當然過多電子傳遞將刺激活化氧族 (reactive oxygen species) 的產生，而造成作物光抑制現象的發生 (Lu *et al*. 2003)。

利用紅外線氣體分析 CO_2 固定速率時，CO_2 來源除由大氣經氣孔進入之外，植體本身呼吸作用所排出 CO_2 也是固定的來源，尤其是光呼吸是一種和光合作用相同發生在含葉綠素體組織的代謝過程，和粒腺體呼吸同是消耗 O_2 放出 CO_2，但不同是在光呼吸隨光線中止即停止。C3 型作物不若 C4 型作物能有效利用 CO_2，這些光呼吸所產生之 CO_2 容易造成估算上誤差的來源。但目前並沒有辦法快速且直接測定呼吸作用，一般是以暗呼吸速率間接估算光呼吸 (Schulte *et al.* 2003)。田間水稻葉片在估算光呼吸後，確實可提高 ETR 及光合作用之相關性（表 1）。反之，當提高大氣中 CO_2 濃度時，進入氣孔內腔之通量增加，在與 O_2 共同競爭 Rubisco 之結合位置，使行光合作用速率增加（圖 5）。同時影響 cytochrome 路徑的活性，而減少光呼吸 (Azcón-Bieto *et al*. 1994)，這有助於提高葉綠體之電子傳遞速率和固碳速率之相關性。受光葉片因產生及消耗二氧化碳同時進行，造成葉綠素螢光釋放量無法精確估算暗反應速率，事實上，如果以氧電極量測葉片，由所釋放氧氣量作光合作用速率之表示，則和電子傳遞速率會有極佳之相關性 (Beer & Bjork 2000)。

本研究結果說明葉綠素螢光可作爲大量材料篩選光合作用潛力工具之一，尤其是螢光參數中葉片電子傳遞速率和二氧化碳同化速率間有良好線性關係，特別是在扣除由葉溫所估算之光呼吸部分。葉綠素釋放螢光的發現至今超過百年，過去十年間有極爲快速的進展，包括不同逆境及作物種類的相關研究，但伴隨著其他學門或技術的進展，賦予螢光更多發展空間。目前對於田間作物管理及逆境監測的研究，朝向於遙測 (remote sensing) 的方式，利用遙測作物葉片之葉綠素釋放螢光能偵測光合作用速率 (Freedman *et al.* 2002)，提供一種非接觸性及觀測視野更大的監測方式，未來或許可利用在衛星影像偵測上，使螢光的運用更爲廣泛。

引用文獻 (Literature Cited)

Ambrosio, N., C. Arena, and A. V. De Santo. 2006. Temperature response of photosynthesis, excitation energy dissipation and alternative electron sinks to carbon assimilation in *Beta vulgaris L*. Environ. Exp. Bot. 55:248-257.

Azcon-Bieto, J., M. A. Gonzalez-Meler, W. Dohertv, and B. G. Drate. 1994. Acclimation of respiratory O_2 uptake in green tissues of field-grown native species after long-term exposure to elevated atmospheric CO_2. Plant Physiol. 106:1163-1168.

Beer, S., and M. Bjork. 2000. Measuring rates of photosynthesis of two tropical seagrasses by pulse amplitude modelated (PAM) fluorometry. Aquat. Bot. 66:69-76.

Bölhàr-Nordenkampf, H. R., and G. Öquist. 1993. Chlorophyll fluorescence as a tool in photosynthesis research. p.193-206. *In*: Photosynthesis and Production in a Changing Environment: a Field and Laboratory Manual (Hall, D. O., J. M. O. Scurlock, H. R. Borhàr-Nordenkampf, R. C. Leegood, and S. P. Long, *eds*). Chapman and Hall, London.

Earl, H. J., and M. Tollenaar. 1998. Relationship between thylakoid electron transport and photosynthetic CO_2 uptake in leaves of three maize (*Zea mays L.*) hybrids. Photosyn. Res. 58:245-257.

Foyer, C. H., H. Vanacker, L. D. Gomez, and J. Harbinson. 2002. Regulation of photosynthesis and antioxidant metabolism in maize leaves at optimal and chilling temperatures: review. Plant Physiol. Biochem. 40:659-668

Freedman, A., J. Cavender-bares, P. L. Kebabian, R. Bhaskar, H. Scott, and F. A. Bazzaz. 2002. Remote sensing of solar-excited plant fluorescence as a measure of photosynthetic rate. Photosynthetica 40:127-132.

Fryer, M. J., J. R. Andrew, K. Oxborough, D. A. Blower, and N. R. Baker. 1998. Relationship between CO_2 assimilation, photosynthetic electron transport, and active O_2 metabolism in leaves of maize in the field during periods of low temperature. Plant Physiol. 116:571-580.

Genty, B., J. Briabtais, and N. Baker. 1989. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. Biochim. Biophys. Acta 990:87-92.

Hai, M. R., and F. Kubota. 2006. Evaluation of leaf photosynthetic potential based on chlorophyll fluorescence from a Vaseline-sealed leaf in sweet potato. Sci. Bull. Fac. Agric., Kyushu Univ. 61:185-191. (in Japanese with English abstract)

He, D., and G. E. Edwards. 1996. Evaluation of the potential to measure photosynthetic rates in C3 plants (*Flaveria pringlei and Oryza sativa*) by combining chlorophyll fluorescence analysis and a stomatal conductance model. Plant Cell Environ. 19:1272-1280.

Hirotsu, N., A. Makino, S. Yokota, and T. Mae. 2005. The photosynthetic properties of rice leaves treated with low temperature and high irradiance. Plant Cell Physiol. 46:1377-1383.

Jiang, C. D., H. Y. Gao, Q. Zou, G. M. Jiang, and L. H. Li. 2006. Leaf orientation, photorespiration and xanthophylls cycle protect young soybean leaves against high irradiance in field. Environ. Exp. Bot. 55:87-96.

Kirschbaum, M. U. F., M, Kuppers, H. Schneider, C. Giersch, and S. Noe. 1998. Modelling photosynthesis in fluctuating light with inclusion of stomatal conductance, biochemical activation and pool of key photosynthetic intermediates. Planta 204:16-26.

Laisk, A., W. L. Ogren, and R. L. Hageman. 1974. Regulation of soybean net photosynthetic CO_2 fixation by the interaction of CO_2, O_2 and ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase. Plant Physiol. 54:678-685.

Lu, Q., X. Wen, C. Lu, Q. Zhang, and T. Kuang. 2003. Photoinhibition and photoprotection in senescent leaves of field-grown wheat plants. Plant Physiol. Biochem. 41:749-754.

Ott, T., J. Clarke, K. Birks, and G. Johnson. 1999. Regulation of the photosynthetic electron transport chain. Planta 209:250-258.

Roháček, K. 2002. Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. Photosynth. Res. 40:13-29.

Schulte, M., C. Offer, and U. Hansen. 2003. Induction of CO_2-gas exchange and electron transport: comparison of dynamic and steady-state responses in *Fagus sylvatica* leaves. Trees 17:153-163.

Silva, J., and R. Santos. 2004. Can chlorophyll fluorescence be used to estimate photosynthetic production in the seagrass *Zostera noltii* J. Exp. Marine Biol. Ecol. 307:207-216.

Souza R. P., E. C. Machado, J. A. B. Silva, A. M. Lagôa, and J. A. G. Silveira. 2004. Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. Environ. Exp. Bot. 51:45-56.

Špunda, V., J. Kalina, O. Urban, V. C. Luis, I. Sibisse, J. Puertolas, M. Šprtová, and M. V. Marek. 2005. Diurnal dynamics of photosynthetic parameters of Norway spruce trees cultivated under ambient and elevated CO_2: the reasons of midday depression in CO_2 assimilation. Plant Sci. 168:1371-1381.

Von Caemmerer, S., and G. D. Farquhar. 1981. Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. Planta 153:376-387.

Yao, M. H., S. H. Chen, and S. Chen. 2006. Studies on the use efficiency of meteorological resources for rice. II. Water use efficiency. J. Taiwan Agric. Res. 55:121-134. (in Chinese with English abstract)

行政院農業委員會農業試驗所 1895 AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE

Use of Chlorophyll Fluorescence for Estimating Leaf Photosynthesis of Crops[1]

Ming-Hwi Yao[2,4], Shou-Hung Chen[2] and Kung-Shy Chi [3]

Abstract

Yao, M. H., S. H. Chen, and K. S. Chi. 2007. Use of chlorophyll fluorescence for estimating leaf photosynthesis of crops. J. Taiwan Agric. Res. 56:224-236.

Chlorophyll fluorescence has been used to probe the fate of excitation energy within the photosynthetic apparatus and provide insight into the mechanism and regulation of photosynthesis *in vivo*. However, no rapid, non-invasive measurement data of chlorophyll fluorescence from the field environment on rice plants was available. In this study, was investigated the change of chlorophyll fluorescence and gas exchange of rice leaves in the field, including the relationship between in various parameters, diurnal change in field and influenced by elevated CO_2 concentration. The results showed the rate of net assimilation of CO_2 of rice leaves can be accurately estimated from the measurements of electron transport rate (ETR) using chlorophyll fluorescence techniques. As compared to common methods measuring the photosynthesis rate based on CO_2 consumption, the approach monitoring chlorophyll fluorescence verified in this study is a useful tool to screen crops with potential productivity and stress tolerance.

Key words : Crop, Photosynthesis, Chlorophyll fluorescence, Electron transport chain.

1. Contribution No.2297 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted:August 20, 2007.
2. Respectively, Associate Researcher, Assistance and Assistance Researcher, Agricultural Engineering Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail:mhyao@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (04)23331673.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 56(3):237-252 (2007)

樹皮作為蝴蝶蘭栽培介質之評估[1]

張耿衡[2,3] 蔡隆禾[2] 吳容儀[2] 戴廷恩[2] 謝廷芳[2]

摘　　要

張耿衡、蔡隆禾、吳容儀、戴廷恩、謝廷芳。2007。樹皮作爲蝴蝶蘭栽培介質之評估。台灣農業研究 56:237-252。

本研究探討以樹皮作爲蝴蝶蘭 (*Phal*. Sogo Yukidian) 生長介質之可行性，以提供蝴蝶蘭生產之另一項選擇。本研究除分析該介質之理化特性外，並探討不同養液澆灌頻率及濃度對樹皮所栽培之蝴蝶蘭的生長效益。研究結果顯示，進口紐西蘭樹皮介質之 pH 值 5.00-6.12 和水苔之間無顯著性差異 ($p<0.05$)，EC 值較低，樹皮介質之每公克乾物重之最大保水重及每盆之最大保水量明顯低於水苔；樹皮介質之保水特性亦明顯比水苔差，不同粒徑之樹皮介質，澆灌 7 天後其保水率即趨近於 0。在水苔介質商業栽培模式下，養液澆灌頻率爲每週 2 次，養液濃度爲 667 mg L^{-1} (Peters 20 N-20 P_2O_5-20 K_2O)，樹皮及其混合介質對蝴蝶蘭之栽培效益比水苔介質差，顯示此模式對樹皮及其混合介質之不適用性；在每週給肥相同指標下，不同之養液澆灌頻率及濃度條件下，樹皮及其混合介質對蝴蝶蘭生育之影響而言，3 種施肥處理中，以養液澆灌頻率爲每週 1 次，養液濃度爲 667 mg L^{-1} (Peters 20 N-20 P_2O_5-20 K_2O) 之處理有利於蝴蝶蘭之生育表現，且部份樹皮混合介質處理之蝴蝶蘭生育表現和水苔介質商業栽培模式處理並無顯著性差異 ($p<0.05$)。

關鍵詞：樹皮、水苔、蝴蝶蘭、澆灌頻率、養液濃度。

前　　言

台灣是目前全世界蝴蝶蘭種苗與植株的重要外銷國家之一，據估計台灣蝴蝶蘭栽培面積已超過 100 公頃（約 300,000 坪），全年生產量約爲 3,500 萬盆（株），其中約有 2,800 萬盆（株）供應外銷市場之需求，可見蝴蝶蘭對台灣農業之重要性 (Chang *et al.* 2006)。台灣蝴蝶蘭之生產主要以水苔 (sphagnum moss) 爲栽培介質，水苔是一種低等植物，如線條狀生長於多濕的溫帶林中，柔軟如棉而富彈性，乾燥後有如海綿，吸水性特佳 (Tung 1980)，目前台灣使用之水苔大部份由智利、紐西蘭、大陸等地進口，估計每年消費量約 1100 公噸，近年來由於大量採集及自然生態變化影響，導致產量減少、成本提高，品質亦不甚穩定，影響蝴蝶蘭的生產及品質 (Chang *et al*. 2006)。

多年來，開發利用水苔以外之材料作爲蝴蝶蘭栽培介質之研究不曾間斷 (Lin 1983; Batchelor 1983; Tanaka *et al.* 1988; Wu *et al*. 1994; Wang *et al*. 1994, 1998 及 2002; Ichihashi 2002; Kohara *et al*. 2004)，其中亦不乏探討以樹皮作爲栽培介質之相關研究 (Batchelor 1983; Tanaka *et al.* 1988; Wang *et al.* 1994, 1998 及 2002; Ichihashi 2002; Kohara *et al*. 2004)。然而，近年來台灣蝴蝶蘭商業生產時，

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2298 號。接受日期：2007 年 8 月 31 日。
2. 農業試驗所花卉研究中心助理研究員、技工、助理研究員、副研究員兼系主任、研究員兼中心主任。
3. 通訊作者，電子郵件：changheng@wufeng.tari.gov.tw；傳真：(05)5820835。

在轉換樹皮替代水苔為栽培介質之過程並不順利，栽培效益亦不理想，造成業界極大困擾。Ichihashi (2002) 指出樹皮介質之理化特性和水苔介質差異頗大，而適當地混合保水力高之介質或增加給水頻率與施肥濃度，有助於改善樹皮介質栽培蝴蝶蘭之生長表現 (Batchelor 1983; Tanaka *et al*. 1988; Wang *et al*. 1998; Kohara *et al*. 2004)。因此，配合台灣之氣候條件及樹皮介質之理化特性，適當調整原來用於水苔栽培之肥培管理模式，尤其是養液澆灌頻率及養液濃度條件之調整，將是樹皮介質栽培蝴蝶蘭成功與否之關鍵；而蝴蝶蘭栽培過程中，養液施用濃度之高低，將影響栽培之施肥成本，澆灌頻率之多寡亦關係栽培之人工成本，且在商業管理模式下，養液澆灌普遍伴隨大量之溢流浪費，嚴重污染環境 (Mak & Yeh 2002)。總而言之，養液施用頻率及濃度將影響「肥料成本」、「人工成本」及「環境污染」等 3 個層面。因此，建立良好之蝴蝶蘭樹皮介質栽培模式時，不應只考量蝴蝶蘭之生長效益，上述之養液澆灌頻率及濃度條件亦應一併評估。

有鑑於此，本研究之目的即在於評估利用樹皮介質作為蝴蝶蘭栽培介質之可行性，除分析樹皮介質之理化特性外，並探討在不同之養液澆灌頻率及濃度條件下，樹皮介質對蝴蝶蘭栽培效益之影響，以供商業栽培之參考。

材料與方法

供試蝴蝶蘭與栽培介質

本試驗的栽培介質為 (1). 細樹皮（small size bark，粒徑約 0.3-0.6 cm）、中樹皮（middle size bark，粒徑約 0.6-1.2 cm）及粗樹皮（large size bark，粒徑約 1.2-1.6 cm），產地為紐西蘭，商品編號分別為 8、9 及 5 號；(2). 細、中及粗樹皮混合人造纖維 (artifical textile fiber)（混合體積比為 2:1）；(3). 細、中及粗樹皮混合科技土 (polyethenol)（混合體積比為 2:1）；(4). 細、中及粗樹皮混合泥炭土 (peat moss)（混合體積比為 2:1）；(5). 水苔 (sphagnum moss)，產地為智利。

栽培植株為選購自松暐蘭業公司（台灣省雲林縣），雙葉幅 5.0-8.6 cm、10.8-13.7 cm 及 14.3-22.1 cm 之蝴蝶蘭 (*Phal*. Sogo Yukidian) 分生瓶苗、小苗及中苗，各 510 株，栽培試驗前均已定植於組織培養瓶、直徑 4.5 cm 及 7.5 cm 之透明塑膠軟盆。

栽培介質理化特性分析

進行栽培介質理化性質分析，比較各介質之 pH 值、EC (electrical conductivity) 值、最大保水量及保水特性等性質。其分析方法如下：

pH 值、EC 值分析：分別逢機採取 10 g 之供試介質，每處理各重複 3 次，加入 150 mL 去離子水，浸泡 24 小時，測定 pH 值及 EC 值（pH 值以 Suntex TS-1 pH-meter、EC 值以 Suntex Sc-12 meter 測定）(Lo & Wang)。

最大保水量及保水特性分析：裝填於直徑 4.5 cm 之栽培軟盆之介質最大保水量及保水特性分析：量秤直徑 4.5 cm 之透明塑膠軟盆重 (a)，將浸泡脫水處理後之試驗介質，按正常栽培之鬆緊度裝填入該透明塑膠軟盆（裝填高度 3 cm，裝填容積 40 mL），每盆裝填約略相同之鬆緊度（以手握盆之感覺），每種介質處理 10 重複，移置通風之烘箱 (forced-draft oven)，以 70℃烘乾 48 小時以上，使其達恆重，並量秤其總重 (b)，(b)-(a) 即為每盆介質乾重，將烘乾後之軟盆及介質移入水浴，靜待水位淹過所有介質後，移出水浴，靜置排水 10 分鐘，重複水浴排水步驟 3 次，量秤其總重 (c)，(c)-(b)-(a) 即為每盆介質最大保水量，[(c)-(b)-(a)] / [(b)-(a)] 即為每公克乾物重之最大保水重。將飽水之軟盆及介質移至溫室（日溫控制於 25-30℃；夜溫控制於 20-25℃），於第 1、2、5、7、9、14、

16、19 及 23 天時量秤軟盆及介質總重 (g)，(g)-(b)-(a) 即為不同時間之介質含水量。裝塡於直徑 7.5 及 10.5 cm 之栽培軟盆之介質最大保水量及保水特性分析：除栽培容器為直徑 7.5 及 10.5 cm 之透明塑膠軟盆及介質裝塡高度為 6 及 7.5 cm，裝塡容積 220 及 420 mL 外，其餘步驟皆同直徑 4.5 cm 栽培軟盆之分析方法。

蝴蝶蘭生育特性分析

挑選葉數、葉長整齊度均一之蝴蝶蘭分生瓶苗、小苗及中苗，各 510 株，以水苔、細樹皮、中樹皮、粗樹皮、細樹皮混合人造纖維、中樹皮混合人造纖維、粗樹皮混合人造纖維、細樹皮混合科技土、中樹皮混合科技土、粗樹皮混合科技土、細樹皮混合泥炭土、中樹皮混合泥炭土及粗樹皮混合泥炭土等 13 種材料作為生長介質，瓶苗先置於栽培溫室馴化 1 個月後，定植於直徑 4.5 cm 之透明塑膠軟盆中，小苗及中苗則直接換盆定植於直徑 7.5 及 10.5 cm 之透明塑膠軟盆中，試驗處理包括不同介質、養液澆灌頻率及養液濃度等 17 項處理（表 1），每種處理試驗 30 株。試驗設計採完全逢機設計 (CRD)，處理數值取平均值並以鄧肯氏多變域分析法 (Duncan's multiple range test) 分析比較處理間之差異性。小苗及中苗試驗由 2006 年 6 月進行至 10 月，大苗試驗由 2006 年 6 月進行至 11 月，試驗期間，溫室內氣溫維持於 19-32℃（日溫控制於 25-30℃；夜溫控制於 18-25℃），不同濃度之養液以自來水調配 Peters 20 N-20 P_2O_5-20 K_2O 水溶性肥料（其中 total Mg 0.05%; total Ca 0%）

表 1. 不同介質、養液澆灌頻率及濃度之試驗設計

Table 1. The experiment design for various growth media with various fertigation frequency and nutrition solution concentration (Peters 20 N-20 P_2O_5-20 K_2O) for *Phalaenopsis* cultivation

Fertigation frequency/ Conc. of nutrient solution (time week-1/mg L^{-1})	Nutrient application index per week [z] (time mg L^{-1})	Medium [y]		
		4.5 cm-diameter-pot	7.5 cm-diameter-pot	10.5 cm-diameter-pot
0.5/667	333	Sphagnum moss	Sphagnum moss	Sphagnum moss
	333	SB	MB	LB
	333	SB+artifical textile fiber	MB+artifical textile fiber	LB+artifical textile fiber
	333	SB+polyethenol	MB+polyethenol	LB+polyethenol
	333	SB+peat moss	MB+peat moss	LB+peat moss
1/667	667	SB	MB	LB
	667	SB+artifical textile fiber	MB+artifical textile fiber	LB+artifical textile fiber
	667	SB+polyethenol	MB+polyethenol	LB+polyethenol
	667	SB+peat moss	MB+peat moss	LB+peat moss
2/333	667	SB	MB	LB
	667	SB+artifical textile fiber	MB+artifical textile fiber	LB+artifical textile fiber
	667	SB+polyethenol	MB+polyethenol	LB+polyethenol
	667	SB+peat moss	MB+peat moss	LB+peat moss
3/222	667	SB	MB	LB
	667	SB+artifical textile fiber	MB+artifical textile fiber	LB+artifical textile fiber
	667	SB+polyethenol	MB+polyethenol	LB+polyethenol
	667	SB+peat moss	MB+peat moss	LB+peat moss

[z] Applying nutrient index per week = fertigation frequency (time per week) × concentration of nutrient solution.

[y] SB: small size bark (particle size = 0.3-0.6 cm in diam.); MB: middle size bark (particle size = 0.6-1.2 cm in diam.); LB: large size bark (particle size = 1.2-1.6 cm in diam.).

(Scotts company, Marysville, Ohio, USA) 使成爲濃度分別爲 667、333 及 222 mg L^{-1} 之養液，澆灌至介質呈現飽和含水狀態，澆灌頻率依試驗設計，分爲每 2 週 1 次、每週 1 次、2 次及 3 次（表 1），其中每 2 週澆灌 1 次 ／ 養液濃度 667 mg L^{-1} 之處理，爲一般水苔商業栽培蝴蝶蘭慣用之管理模式，計算每種處理之每週施肥指標 (applying nutrient index per week)，考量每週每盆植株之營養供給量，爲每週養液施用頻率×養液濃度×每次施用量，3 者之乘積，而每次施用量於一般澆灌模式下，常受栽培介質之保水力差異而產生不同之有效施用量，而栽培介質保水力亦受介質種類及澆灌當時之介質含水狀態所影響，因此於一般商業澆灌模式下，較難正確計算每週每盆植株之營養供給量，故排除每次施用量之變數，以「每週施肥指標」=「每週養液施用頻率」×「養液濃度」，作爲施肥程度之評估指標，試驗期間並視天候和栽培環境（約每 2 個月 1 次）澆灌不含肥料之自來水加以淋洗，以避免介質中塩類離子過度累積。

小苗及中苗試驗於 2006 年 10 月底，大苗試驗於 2006 年 11 月底，量測每試驗蘭株之總葉片數及所有葉片之長及寬度，估算每片葉面積，並加總爲每株總葉面積。大苗試驗並於 2007 年 2 月底，經自然低溫條件催梗開花後，記錄每株蘭株之雙葉幅、開花率（以上 2 性狀以各處理之所有試驗蘭株爲統計樣本）、梗數、梗長、梗徑、花朵數、最大及最小花徑等性狀（以上性狀以各處理之抽梗蘭株爲統計樣本）。葉面積量測採用之估算公式爲葉面積= k×最大葉長×最大葉寬，其中之 k 值爲 0.829（最大葉長<10 cm 時）、0.846（最大葉長介於 10-20 cm 時）或 0.872（最大葉長介於 20-35 cm 時），並檢定葉面積估算方法之準確性 (Stickler *et al*. 1961; Francis *et al.* 1969; Lin & Lee 1988)。

結　果

栽培介質理化特性分析

介質 pH 值比較分析結果顯示，13 種試驗介質中水苔之 pH 值爲 4.57，其餘 12 種不同粒徑之樹皮及其混合介質 pH 值則介於 5.00-6.12 之間，皆高於水苔之 pH 值：然而，除不同粒徑之樹皮混合人造纖維介質外，其餘介質和水苔間並無顯著性差異 ($p<0.05$)（表 2），顯示樹皮和水苔皆屬酸性介質（表 2），而人造纖維介質爲一趨中性之介質 (Chang *et al*. 2006)，和不同粒徑之樹皮混合可提高其 pH 值至 5.87-6.12。另外，水苔及不同粒徑之樹皮混合泥炭土等介質之 EC 值明顯較其他試驗介質高，而細樹皮及其混合人造纖維與科技土之介質 EC 值，雖然和中及粗樹皮及其混合人造纖維與科技土之介質間無顯著性差異，但 EC 值皆較高於後者（表 2）。

介質保水力 (water holding capacity) 是影響蘭科作物生長之重要因素之一，本研究評估之介質保水力指標有 2 種，一爲每公克介質乾物重之最大保水重及每盆之最大保水量，在每公克介質乾物重之最大保水重方面，水苔介質介於 17.1-19.6 g 之間，明顯高於樹皮及其混合介質 (0.2-1.4 g)，而大部份樹皮混合介質 (0.7-1.4 g) 又比純樹皮介質 (0.2-0.4 g) 具有較高之每公克介質乾物重之最大保水重（表 2），在每盆之最大保水量方面，又可以區分爲直徑爲 4.5、7.5 及 10.5 cm 等 3 種栽培容器，來比較其所裝填之不同介質每盆最大保水量。裝填於 4.5 cm 盆之介質每盆最大保水量以水苔介質的 55.9 g 最高，其他細樹皮混合介質爲 31.1-38.2 g，其中以純細樹皮介質每盆最大保水量的 17.5 g 最低（表 2）；裝填於 7.5 cm 盆之介質每盆最大保水量以水苔介質的 88.3 g 最高，其他中樹皮混合介質爲 45.0-65.2 g，而以純中樹皮介質每盆最大保水量的 18.4 g 最低（表 2）；裝填於 10.5 cm 盆之介質每盆最大保水量以水苔介質的 241.8 g 最高，其他粗樹皮混合介質爲 125.7-143.1 g，而以純粗樹皮介質每盆最大保水量的 40.2 g 最低（表 2），綜合單位克重最大保水量與每盆之最大

表 2. 栽培介質理化性質分析

Table 2. The physical and chemical properties of different growth media

Pot size (cm in diam.)	pH [x]	EC [z] (mS cm^{-1})	Maximum water holding capacity	
			g (g dry wt.)$^{-1}$	g pot^{-1}
4.5 cm				
SB [y]	5.00 bc[x]	0.17 bc	0.4 c	17.5 c
SB+artifical textile fiber	5.95 a	0.12 bc	1.3 b	32.3 b
SB+polyethenol	5.24 bc	0.15 bc	1.2 b	31.1 b
SB+peat moss	5.21 bc	0.38 a	1.2 b	38.2 b
Sphagnum moss	4.57 c	0.23 ab	19.6 a	55.9 a
7.5 cm				
MB	5.27 bc	0.07 c	0.3 c	18.4 c
MB+artifical textile fiber	6.12 a	0.06 c	1.1 b	45.0 b
MB+polyethenol	5.37 bc	0.09 c	1.2 b	45.4 b
MB+peat moss	5.41 bc	0.33 a	1.2 b	65.2 b
Sphagnum moss	4.57 c	0.23 ab	18.7 a	88.3 a
10.5 cm				
LB	5.30 bc	0.07 c	0.2 c	40.2 c
LB+artifical textile fiber	5.87 ab	0.07 c	1.4 b	154.0 b
LB+polyethenol	5.56 bc	0.09 c	0.9 b	125.7 b
LB+peat moss	5.33 bc	0.39 a	0.7 bc	143.1 b
Sphagnum moss	4.57 c	0.23 ab	17.1 a	241.8 a

[z] pH and EC:media/R.O. water = 10 g d.w./150 mL.

[y] SB:small size bark (particle size = 0.3-0.6 cm in diam.); MB:middle size bark (particle size = 0.6-1.2 cm in diam.); LB:large size bark (particle size = 1.2-1.6 cm in diam.).

[x] Means in the same columns for different pot treatments followed by the same letters are not significant difference at p<0.05 according to Duncan's multiple range test.

保水量之結果顯示，水苔介質之保水力明顯高於樹皮及其混合介質，而樹皮混合人造纖維、科技土及泥炭土等介質，對介質保水力有明顯提昇之效果。

由分析結果顯示，無論裝填於 4.5、7.5 或 10.5 cm 等小、中及大盆之水苔介質，其保水情形均優於純樹皮及其混合介質，而 3 種樹皮混合介質亦優於純樹皮介質，且純樹皮介質於第 7 天後，保水量均趨近於 0，無關所用之樹皮粒徑大小（圖 1），顯示不同粒徑之樹皮其保有之水份，經 7 天後即已完全散失，保水時程明顯短於水苔介質，而樹皮混合人造纖維、科技土及泥炭土等介質，對介質保水特性有明顯提昇之效果。

蝴蝶蘭栽培試驗

水苔介質商業栽培給肥模式下，樹皮及其混合介質對蝴蝶蘭生育之影響：目前商業栽培蝴蝶蘭 (*Phal*. Sogo Yukidian) 之慣用模式為每週澆灌 0.5 次／養液濃度 667 mg L^{-1}，在此管理模式下，樹皮及其混合介質處理，栽培蝴蝶蘭中苗與小苗 5 個月及大苗 6 個月後，其總葉面積及葉數表現，均明顯比水苔介質處理者差（圖 2、3 及 4），而樹皮及其混合介質處理間之比較，除大苗以粗樹皮混合泥炭土之處理比其他處理之總葉面積較多外，其餘處理間並無顯著不同。蝴蝶蘭大苗之葉幅及花梗直徑亦以水苔介質處理者較佳，而各處理間之每株梗數並無差異；花梗直徑以粗樹皮混合泥炭

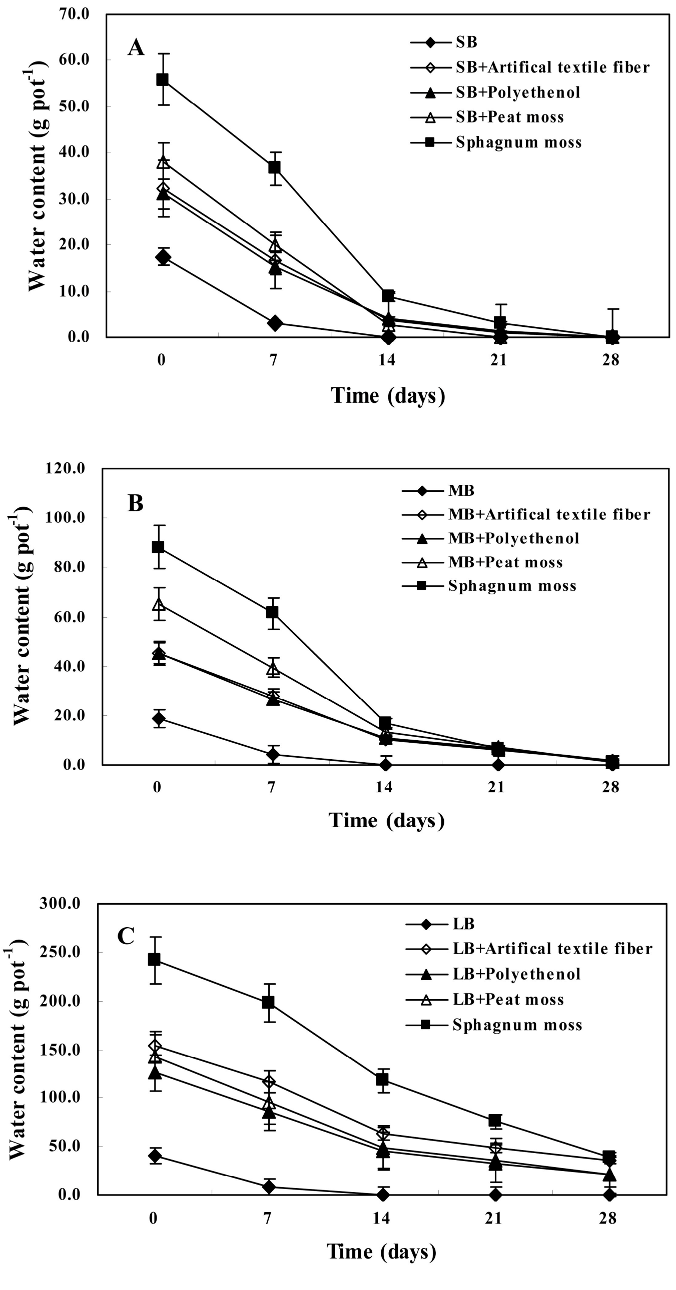


圖 1. 供試生長介質保水特性比較分析。A.裝填於直徑 4.5 cm 盆；B.裝填於直徑 7.5 cm 盆；C.裝填於直徑 10.5 cm 盆。SB：細樹皮；MB：中樹皮；LB：粗樹皮。

Fig. 1. The water holding potential of different growth media in pots with different size. A. 4.5 cm in diam., B. 7.5 cm in diam. and C. 10.5 cm in diam. (SB:particle size = 0.3-0.6 cm in diam., MB: particle size = 0.6-1.2 cm in diam., LB:particle size = 1.2-1.6 cm in diam.)

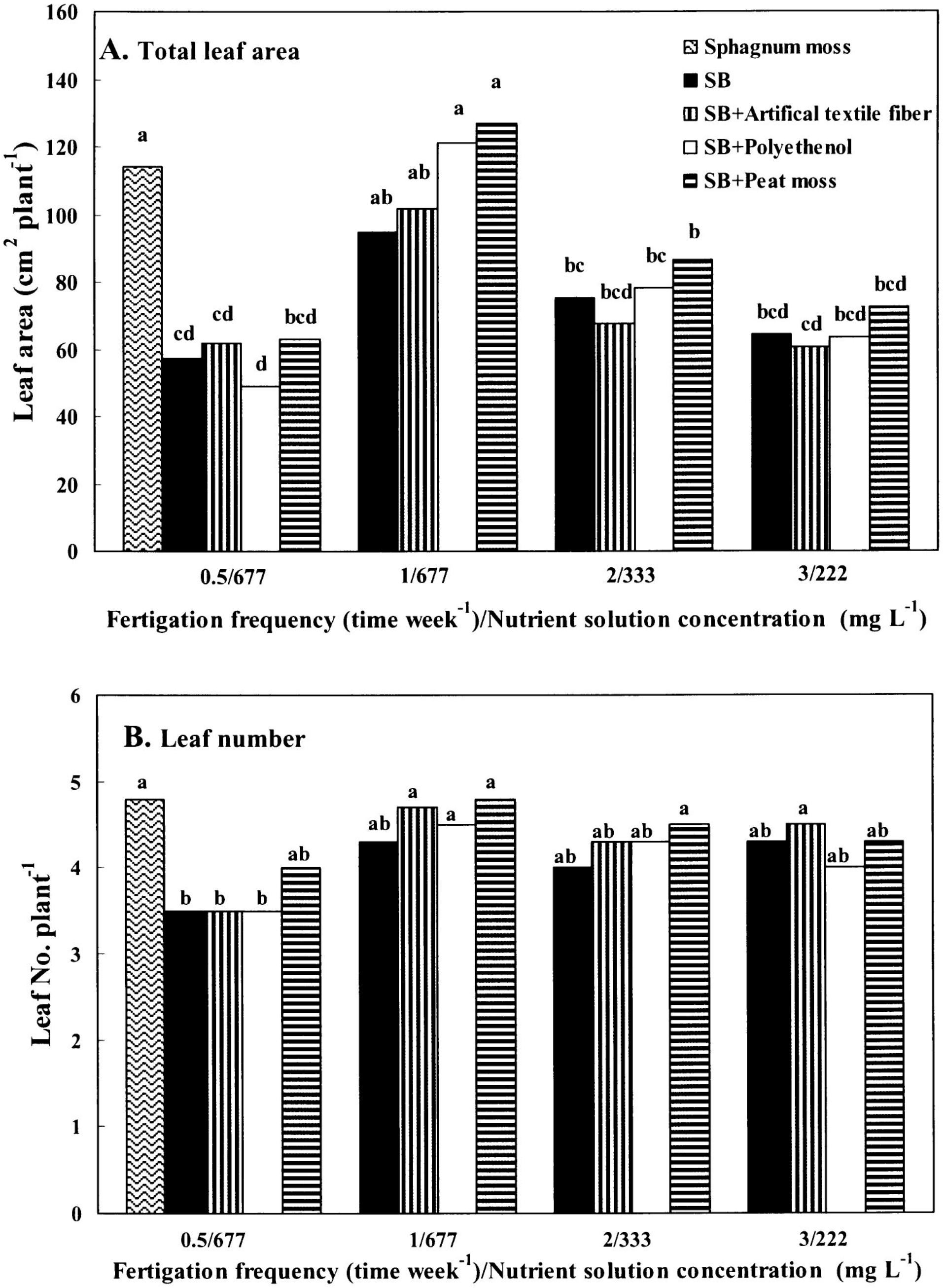
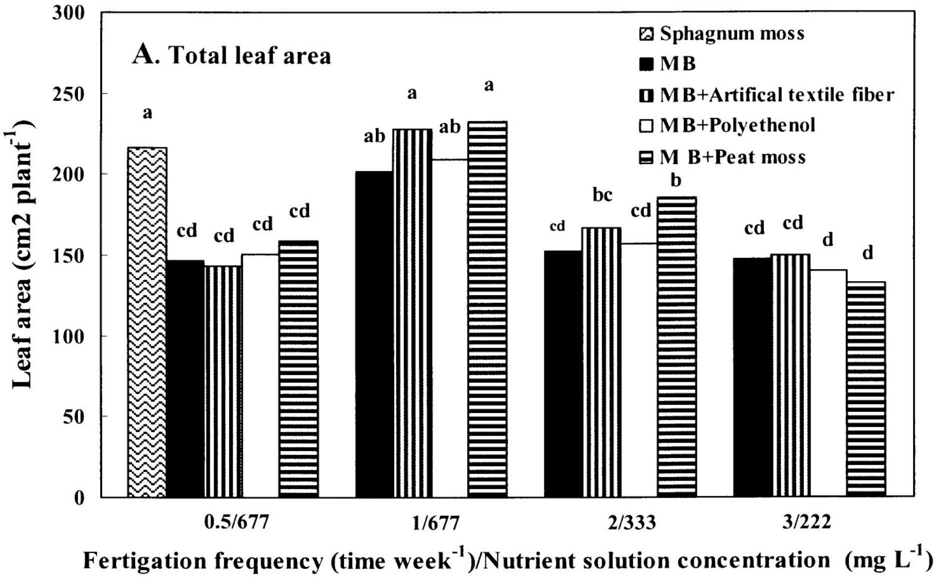


圖 2. 不同栽培介質配合不同之養液澆灌頻率及濃度 (Peters 20 N-20 P_2O_5-20 K_2O) 對蝴蝶蘭小苗生長之影響。A.栽培 5 個月後之植株總葉面積；B.栽培 5 個月後之植株總葉數。

Fig. 2. Effect of growth media, fertigation frequency and nutrient solution (Peters 20 N-20 P_2O_5-20 K_2O) concentration on young seedling growth of *Phal.* Sogo Yukidian in 4.5 cm-diam pots for 5 months. (Means in the same figure followed by the same letters are not significant difference at $p<0.05$ according to Duncan's multiple range tests)



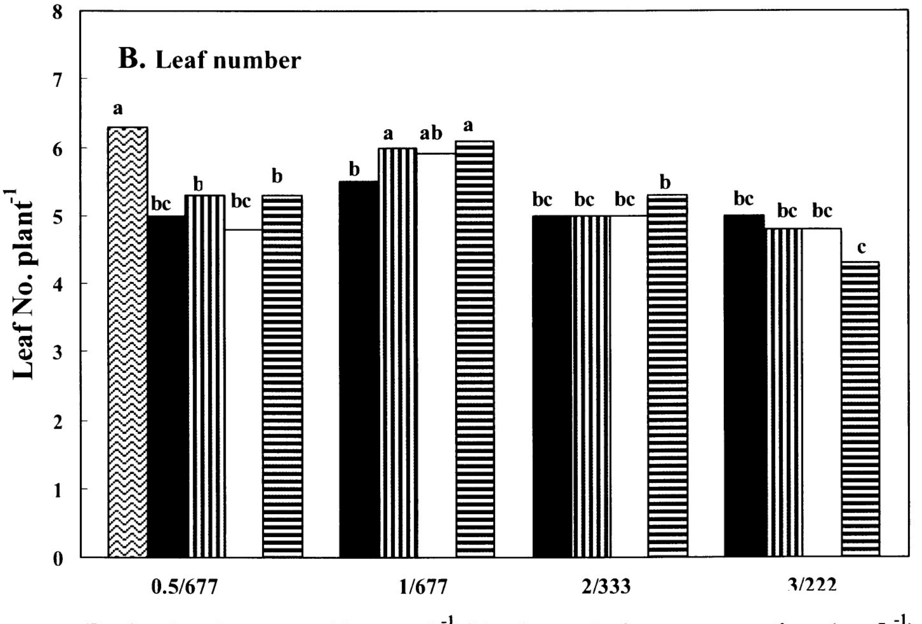


圖 3. 不同栽培介質配合不同之養液澆灌頻率及濃度 (Peters 20 N-20 P_2O_5-20 K_2O) 對蝴蝶蘭中苗生長之影響：A.栽培 5 個月後之植株總葉面積；B.栽培 5 個月後之植株總葉數。

Fig. 3. Effect of growth media, fertigation frequency and nutrient solution (Peters 20 N-20 P_2O_5-20 K_2O) concentration on middle seedling growth of *Phal.* Sogo Yukidian in 7.5 cm-diam pots for 5 months. (Means in the same figure followed by the same letters are not significant difference at p<0.05 according to Duncan's multiple range tests)

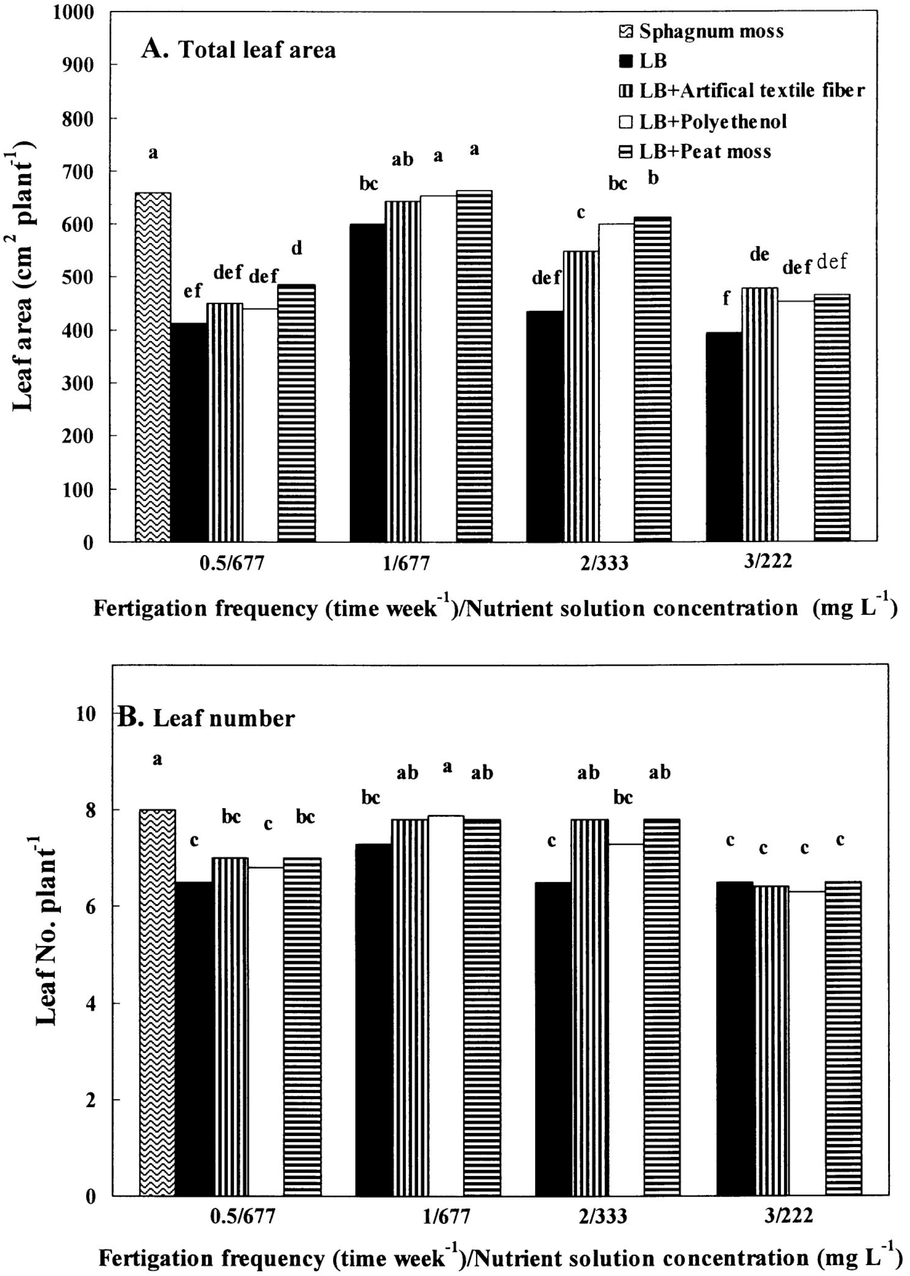


圖 4. 不同栽培介質配合不同之養液澆灌頻率及濃度 (Peters 20 N-20 P_2O_5-20 K_2O) 對蝴蝶蘭大苗生長之影響：A.栽培 6 個月後之植株總葉面積；B.栽培 6 個月後之植株總葉數。

Fig. 4. Effect of growth media, fertigation frequency and nutrient solution (Peters 20 N-20 P_2O_5-20 K_2O) concentration on large seedling growth of *Phal.* Sogo Yukidian in 10.5 cm-diam pots for 6 months. (Means in the same figure followed by the same letters are not significant difference at $p<0.05$ according to Duncan's multiple range tests)

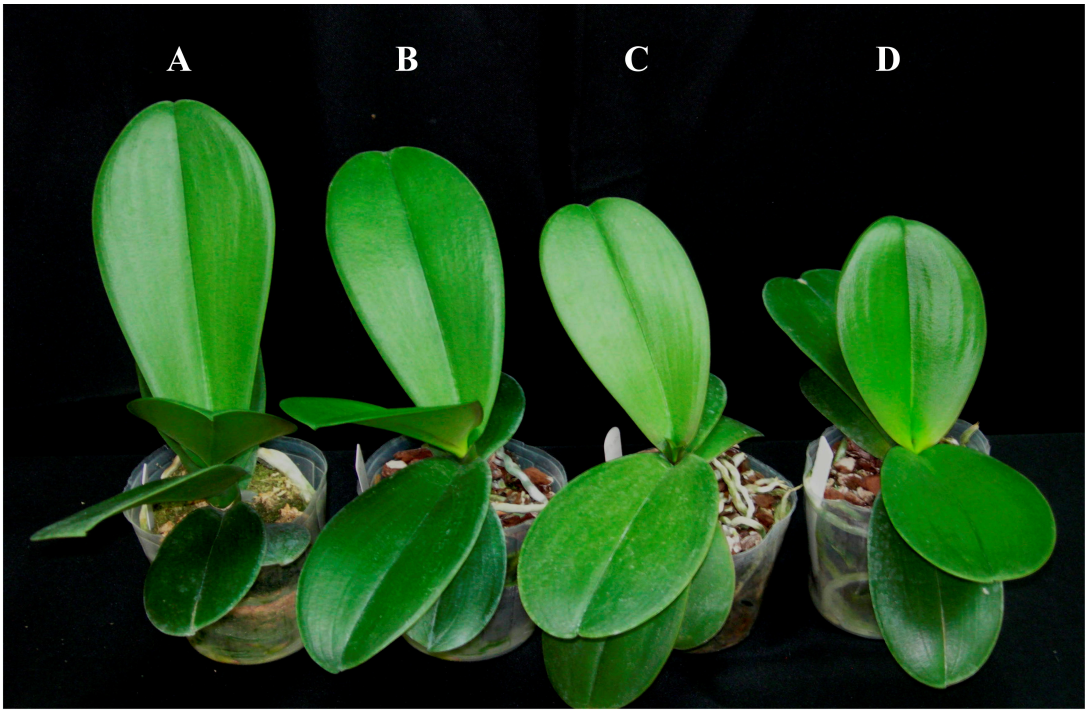


圖 5. 於不同栽培介質配合不同之養液澆灌頻率及濃度 (Peters 20 N-20 P_2O_5-20 K_2O) 處理 6 個月後，蝴蝶蘭大苗之生育情形：A.水苔（養液澆灌頻率／濃度=每 2 週 1 次/667 mg L^{-1}）；B.樹皮（養液澆灌頻率／濃度=每週 1 次/667 mg L^{-1}）；C.樹皮（養液澆灌頻率／濃度=每週 2 次/333 mg L^{-1}）及 D.樹皮（養液澆灌頻率／濃度=每週 3 次/222 mg L^{-1}）。

Fig. 5. The growth performance of seedlings of *Phal.* Sogo Yukidian in 10.5-cm-pot (leaf span 14.3-20.1 cm) under various growth media with different fertigation frequency and nutrient solution (Peters 20 N-20 P_2O_5-20 K_2O) concentrations for 6 months. A. Sphagnum moss (1 time per 2 weeks with 667 mg L^{-1}), B. Large size bark (1 time per week with 667 mg L^{-1}), C. Large size bark (2 times per week with 333 mg L^{-1}) and D. Large size bark (3 times per week with 222 mg L^{-1}).

土之處理較差，其餘各處理間並無顯著差異；開花率及最大花徑以純粗樹皮處理者較差，其餘各處理間並無顯著差異，而花朵數以水苔介質處理最佳（表 3）。顯示在水苔介質商業栽培慣用模式下，以樹皮及其混合介質栽培蝴蝶蘭之效益並不佳。

每週給肥相同指標，不同養液澆灌頻率及濃度下，樹皮及其混合介質對蝴蝶蘭生育之影響： 在每週給肥相同指標，不同養液澆灌頻率及濃度下，在小苗栽培試驗之總葉面積表現方面，除養液澆灌頻率／濃度爲 1/667 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 之樹皮混合科技土及樹皮混合泥炭土介質優於養液澆灌頻率／濃度爲 2/333 處理之相同介質處理者外，其他介質處理之總葉面積表現，則和 2/333 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 之相同介質處理間無顯著差異，且養液澆灌頻率/濃度爲 2/333 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 之介質處理，和養液澆灌頻率/濃度爲 3/222 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 之相同介質處理間並無顯著差異（圖 2）；此外，養液澆灌頻率/濃度爲 1/667 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 之純細樹皮、細樹皮混合人造纖維、細樹皮混合科技土及細樹皮混合泥炭土介質等處理，和商業栽培慣用模式之水苔介質處理之總葉面積表現無異（圖 2）。在中苗栽培試驗之總葉面積表現方面，養液澆灌頻率／濃度

表 3. 不同栽培介質配合不同之養液澆灌頻率及濃度 (Peters 20 N-20 P_2O_5-20 K_2O) 對蝴蝶蘭大苗生長及開花表現之影響

Table 3. Effect of various growth media with various fertigation frequency and concentration of nutrient solution (Peters N-P_2O_5-K_2O = 20-20-20) on the growing and flowering performance of *Phal.* Sogo Yukidian in 10.5 cm-diameter-pot seedling stage (leaf span 14.3-22.1 cm) after growth for 6 months

Irrigation frequency (timeweek^{-1}) / conc. of nutrient solution (mg L^{-1})	Medium[z]	Leaf span (cm)	Stalk No.	Stalk length (cm)	Stalk diameter (mm)	Flowering (%)	Flower no.	Flower max. diameter (cm)
0.5/677	Sphagnum moss	37.3 a	1.0 a	95.8 a	6.5 ab	100 a	12.5 a	12.4 a
	LB	29.7 c	1.0 a	80.6 d	6.5 ab	75 b	8.5 c	10.6 b
	LB+Artifical textile fiber	32.0 bc	1.0 a	82.5 cd	7.0 a	100 a	10.8 b	12.5 a
	LB+Polyethenol	30.3 bc	1.0 a	88.1 bc	6.4 ab	100 a	9.8 bc	12.1 a
	LB+Peat moss	30.0 bc	1.0 a	87.8 bc	6.1 bc	100 a	9.8 bc	12.1 a
1/677	LB	33.3 b	1.0 a	88.6 bc	6.4 ab	100 a	9.9 bc	11.7 a
	LB+Artifical textile fiber	36.9 a	1.0 a	94.7 a	6.7 ab	100 a	10.3 bc	12.0 a
	LB+Polyethenol	34.7 ab	1.0 a	92.3 ab	6.5 ab	100 a	11.0 b	11.9 a
	LB+Peat moss	38.1 a	1.0 a	96.5 a	6.7 ab	100 a	12.6 ab	12.4 a
1/333	LB	31.0 bc	1.0 a	83.0 cd	6.4 ab	88 b	9.8 bc	11.4 a
	LB+Artifical textile fiber	31.3 bc	1.0 a	89.1 bc	6.8 ab	100 a	10.3 bc	11.5 a
	LB+Polyethenol	33.6 b	1.0 a	87.1 bc	6.8 ab	100 a	11.5 ab	11.1 a
	LB+Peat moss	33.0 bc	1.0 a	90.1 ab	6.6 ab	100 a	12.8 a	12.0 a
1/222	LB	28.9 c	1.0 a	76.3 d	5.7 c	50 c	8.3 c	11.3 a
	LB+Artifical textile fiber	32.5 bc	1.0 a	88.6 bc	6.1 bc	60 c	10.0 bc	10.9 a
	LB+Polyethenol	32.1 bc	1.0 a	85.7 bcd	6.1 bc	75 b	9.8 bc	11.2 a
	LB+Peat moss	32.9 bc	1.0 a	91.6 ab	6.9 a	100 a	9.8 bc	10.8 b
	LB+Peat moss	32.9 bc	1.0 a	91.6 ab	6.9 a	100 a	9.8 bc	10.8 b

[z] LB: large size bark (particle size=1.2-1.6 cm in diam.).

[y] Means in the same columns for different pot treatments followed by the same letters are not significant difference at $p<0.05$ according to Duncan's multiple range test.

爲 1/667 (time week^{-1}/mg L^{-1})之介質處理，其總葉面積表現，明顯優於養液澆灌頻率／濃度爲 2/333 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 之相同介質處理者，而養液澆灌頻率/濃度爲 2/333 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 之介質處理，除中樹皮混合泥炭土外，其他介質處理之總葉面積表現，則和 3/222 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 處理之相同介質處理者無顯著差異（圖 3）；此外，養液澆灌頻率/濃度爲 1/667 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 之純中樹皮、中樹皮混合人造纖維、中樹皮混合科技土及中樹皮混合泥炭土介質等處理，和商業栽培慣用模式之水苔介質處理之間，其總葉面積表現無顯著差異（圖 3）。大苗栽培試驗之總葉面積表現方面，養液澆灌頻率／濃度爲 1/667 (time week^{-1}/mg L^{-1})，其總葉面積表現均明顯優於 2/333 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 處理，與使用之介質種類無關，而養液澆灌頻率/濃度爲 2/333 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 之樹皮及其混合介質處理，其總葉面積表現又明顯優於 3/222 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 處理之相同介質處理者（圖 4）；此外，養液澆灌頻率/濃度爲 1/667 (time week^{-1}/mg L^{-1})之粗樹皮混合人造纖維、粗樹皮混合科技土及粗樹皮混合泥炭土介質處理，和商業栽培慣用模式（養液澆灌頻率／濃度爲 0.5/667 (time week^{-1}/mg L^{-1})）之水苔介質處理，其總葉面積表現無異（圖 4）。

在每週給肥相同指標，不同養液澆灌頻率及濃度下，在小苗栽培試驗之總葉數表現方面，養液澆灌頻率／濃度為 1/667、2/333 及 3/222 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 之相同介質處理間皆無顯著差異；此外，亦和商業栽培慣用模式之水苔介質處理，於總葉數表現上無顯著差異（圖 2）。在中苗栽培試驗之總葉數表現方面，養液澆灌頻率／濃度為 1/667 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 之介質處理，其總葉面積表現，只有中樹皮混合人造纖維及中樹皮混合泥炭土介質二處理，明顯優於 2/333 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 處理之相同介質處理者外，其他介質處理則和養液澆灌頻率／濃度為 2/333 (time week^{-1}/mg L^{-1})之相同介質處理間無顯著差異（圖 3）；而養液澆灌頻率／濃度為 2/333 (time week^{-1}/mg L^{-1})，只有粗樹皮混合泥炭土介質處理，明顯優於 3/222 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 處理之相同介質處理者外，其他介質處理則和養液澆灌頻率／濃度為 3/222 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 之相同介質處理間無顯著差異（圖 3）；此外，養液澆灌頻率／濃度為 1/667 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 之中樹皮混合人造纖維、中樹皮混合科技土及中樹皮混合泥炭土介質等三處理，和商業栽培慣用模式之水苔介質處理，於總葉數表現上無顯著差異（圖 3）。大苗栽培試驗之總葉數表現方面，養液澆灌頻率／濃度為 1/667 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 之介質處理間，只有粗樹皮混合科技土介質處理之總葉數表現明顯優於 2/333 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 之相同介質處理者外，其他介質處理之總葉數表現則和養液澆灌頻率／濃度為 2/333 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 之相同介質處理間無顯著差異（圖 4）；而養液澆灌頻率／濃度為 2/333 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 之處理下，只有粗樹皮混合人造纖維及粗樹皮混合泥炭土介質兩者處理，明顯優於養液澆灌頻率／濃度 3/222 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 之相同介質處理者外，其他介質處理之總葉數表現，則和養液澆灌頻率／濃度為 3/222 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 之相同介質處理間無顯著差異（圖 4）；此外，養液澆灌頻率／濃度為 1/667 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 之粗樹皮混合人造纖維、粗樹皮混合科技土及粗樹皮混合泥炭土介質等處理，以及養液澆灌頻率／濃度為 2/333 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 之粗樹皮混合人造纖維及粗樹皮混合泥炭土介質等處理，與商業栽培慣用模式（養液澆灌頻率／濃度為 0.5/667 (time week^{-1}/mg L^{-1})）之水苔介質處理，於總葉數之表現一樣好（圖 4）。

綜合言之，無論何種苗期，不同養液澆灌頻率／濃度處理對葉數之影響反而沒有對葉面積之影響大，顯示於不適養份管理下之蝴蝶蘭，新生葉片之發展與充實明顯受抑制。

討　論

分析 12 種不同粒徑之樹皮及其混合介質，其 pH 值介於 5.00-6.12 之間（表 2），稍微低於一般所認定適合蝴蝶蘭生長之 pH 值範圍 (5.5-6.5) (Gordon 1990)，但稍高於水苔介質之 pH 值 (4.57)（表 2），如果以 pH 值影響營養元素之有效態或植物可利用性而言 (Chang 1987)，不同粒徑之樹皮及其混合介質酸鹼狀態應較水苔介質有利於養份吸收；另外，不同粒徑之樹皮混合泥炭土介質 EC 值較純樹皮及其他樹皮混合介質高，顯示可能為泥炭土介質 EC 值較高所導致，顯示泥炭土等介質含有較多之鹽類離子，細樹皮介質之 EC 值雖然和中及粗樹皮介質間並無顯著性差異，但 EC 值皆較高於後者（表 2），顯示細樹皮比中及粗樹皮含有較多之塩類離子之可能性，或者是因為細樹皮之表面積較大，增加其可溶性鹽類離子之溶出（表 2）。Wang (1998) 曾報導供給水的鹽度增加 (0.05, 0.40, 0.75, 1.10, 1.40 ds/m) 會使根鮮重量變輕、花徑縮小及落葉增加，因此，EC 值較高之水苔及樹皮混合泥炭土介質（表 2），栽培時應特別注意 EC 值對作物之影響。

保水力低之介質，水份容易缺乏，植株生長常受抑制。一般認為適合蘭科作物之栽培介質應具有良好之保水力，就目前商業栽培蝴蝶蘭以養液給肥之模式而言，保水力強之介質其保肥力亦較

高，因此介質保水力 (water holding capacity) 是影響蘭科作物生長之重要因素之一。然而，單只評估介質保水力可能有失偏頗，Wu *et al.* (1994) 曾利用 5 種經過調整而使其保水力相似之介質進行蝴蝶蘭栽培試驗，結果顯示 5 種介質對蝴蝶蘭之栽培效益並不同，因而認爲此現象導因於介質之保水特性不儘相同之故。因此，在評估介質保水力的同時亦應一併評估介質的保水特性。考量在一般蝴蝶蘭栽培狀況下，介質之保水情形極易受介質鬆緊度、栽培容器大小、澆灌量及溫室氣候環境等因素之影響，因此本研究之介質保水特性試驗乃模擬配合栽培試驗之客觀條件所設計，除植株吸收及蒸散作用等客觀因素外，希望可真實顯現在其他影響因子存在下之介質相對保水情形 (Chang *et al.* 2006)。水苔介質之保水力明顯高於樹皮及其混合介質（表 2），且保水特性（時程）明顯優於樹皮及其混合介質（圖 1）。由本研究之介質栽培試驗結果顯示，以水苔商業栽培慣用模式之條件（養液澆灌頻率／濃度爲 0.5/667 (time week^{-1}/mg L^{-1})）栽植蝴蝶蘭時，樹皮及其混合介質之效果明顯劣於水苔介質（圖 2、3 及 4），其原因應該即爲樹皮及其混合介質之保水力及保水特性明顯較水苔介質差之故（表 2 及圖 1）；另就商業栽培蝴蝶蘭以養液施肥之模式而言，保水力差者其保肥力亦較不佳，由此推測利用樹皮及其混合介質栽培蝴蝶蘭，其給水頻率宜比水苔介質栽培者更加頻繁，而樹皮混合人造纖維、科技土及泥炭土等保水力高之介質，對介質保水力及特性有明顯提昇之效果（表 2 及圖 1），顯示提高保水力高之介質的混合比例對改善樹皮混合介質之保水力及特性應有正面效果，尤其是在澆灌頻率大於每週 1 次時最爲顯著（圖 2、3 及 4）。

蝴蝶蘭栽培過程中，養液施用濃度之高低，不只影響栽培之施肥成本，在商業澆灌模式下，澆灌養液之溢流情形亦非常普遍，嚴重污染環境 (Mak & Yeh 2002)；此外，澆灌之頻率多寡亦關係栽培之人工成本，所以建立良好之「樹皮介質栽培體系」，不應只考量蝴蝶蘭之生長效益，亦應一併評估養液澆灌頻率及濃度。因此，本研究針對不同之樹皮及其混合介質，控制在相同之每週給肥指標，以探討不同養液澆灌頻率及濃度下，樹皮及其混合介質對蝴蝶蘭生育之影響。由試驗結果發現，蝴蝶蘭生育表現並未隨著養液澆灌頻率之提高（養液濃度降低）而明顯提升，然而養液澆灌頻率／濃度控制爲 1/667 (time week^{-1}/mg L^{-1})，即澆灌頻率由水苔商業栽培模式之每週 0.5 次增加至 1 次，而濃度維持在所有處理最高之試驗濃度 (667 mg L^{-1})，其栽培效果反而較佳（圖 2、3 及 4），顯示只需適當地增加水份供給，並配合高濃度養液之施用，即可有效促進樹皮及其混合介質在栽培蝴蝶蘭上之效益。相關文獻指出，植物之根對營養元素之吸收速率乃依照 Michaelis- Menten 機制，即高養液濃度有促進養份吸收之效果 (Barber 1995; Silberbush & Lieth 2004)，過低之養液濃度，則降低營養吸收速率，進而導致營養供給之不足；因此，養液中個別之營養元素濃度，宜維持在其 Michaelis-Menten 吸收速率之 *K*m 値之上 (Silberbush & Lieth 2004)，這說明了有效之肥料效應中，其施用之養液濃度應超過其最低限値，當然這亦說明了本研究中，相同之每週給肥指標下，養液濃度最高者，栽培效果較佳，而薄肥多施策略對植株生長之助益並不大（圖 2、3 及 4）。此外，高養液澆灌頻率／低養液濃度之處理，因商業澆灌模式下伴隨產生之溢流情形，亦有可能對介質所保有累積之營養成份產生較頻繁之淋洗稀釋效應，且其養液及水份溢流浪費亦較多，相對地，每週 1 次之養液澆灌頻率比高澆灌頻率之處理較能節省人工成本。

本研究結果顯示在養液澆灌頻率／濃度控制爲 1/667 (time week^{-1}/mg L^{-1}) 時，樹皮混合介質栽培蝴蝶蘭之效益，已和水苔商業栽培模式無顯著差異，而純樹皮栽培之效益雖明顯獲得改善，但仍比水苔商業栽培效果差。據此，養液澆灌頻率維持於每週 1 次，並適度再提高養液濃度，應可有效提升純樹皮處理之蝴蝶蘭栽培效益。

引用文獻 (Literature cited)

Chang, C. M. 1987. Soil Science. National Institute for Compilation and Translation Pub. Taipei. 604 pp. (in Chinese).

Chang, G. H., T. E. Dai, S. C. Huang, C. Y. Tsao, W. T. Tsai, F. N. Wang, A. H. Chang, and F. W. How. 2006. Application of artifical textile fiber as growing medium for *Phalaenopsis* cultivation. J. Taiwan Soc. Hortic. Sci. 52:71-80. (in Chinese with English abstract)

Ichihashi, S. 2002. Management of media and fertilizer. Agric. Hortic. 57:166-169. (in Japanese with English abstract)

Barber, S. A. 1995. Soil Nutrient Bioavailability: A Mechanistic Approach, 2nd ed. Wiley Co., New York. 384 pp.

Batchelor, S. R. 1983. *Phalaenopsis*-part 4. Amer. Orchid. Soc. Bull. 52:243-250.

Gordon, B. 1990. Culture of the *Phalaenopsis*. Laid-Back Publications, Rialto, Calif., USA. 190 pp.

Francis, C. A. J. N. Rutger, and A. F. E. Palmer. 1969. A rapid method of plant leaf area estimation in maize (*Zea mays*, L.) Crop Sci. 9:537-539.

Kohara, H., T. Nakagawa, and J. Yamazaki. 2004. Effects of physio-chemical properties of various potting materials on *Phalaenopsis* hybrid cultivation. Jpn. J. Tropic. Agric. 48:40-48. (in Japanese with English abstract)

Lin, G. M., 1983. Effect of Temperature, Mineral Nutrition and Growing Medium on Growth and Flowering of *Phalaenopsis*. Master Thesis. Dept. of Hort. National Taiwan Univ. 57 pp. (in Chinese with English abstract)

Lin, G. M., and N. Lee. 1988. Leaf area estimation and the effect of temperature on the growth of *Phalaenopsis* leaves. J. Chinese Soc. Hortic. Sci. 34:73-80. (in Chinese with English abstract)

Lo, C. S., and F. N. Wang. 2001. Assessment of optimum pH value of growth media for potted *Chrysanthemum.* Res. Bull Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station. 42:37-48. (in Chinese with English abstract)

Mak, T. Y., and D. M. Yeh. 2002. Effects of fertigation frequency and coir-based media on the growth of *Spathiphyllum* "Sensation" in the ebb-and-flow System. J. Chinese Soc. Hortic. Sci. 48:41-50. (in Chinese with English abstract)

Silberbush, M., and J. H. Lieth. 2004. Nitrate and potassium uptake by greenhouse roses (*Rosa hybrida*) along successive flower-cut cycles: a model and its calibration. Sci. Hortic. 101:127-141.

Stickler, F. C., S. Wearden, and A. W. Pauli. 1961. Leaf area determination in grain sorghum. Agron. J. 53:187-188.

Tanaka, T., T. Matsuno, M. Masuda, and K. Gomi. 1988. The effects of concentration of nutrient solution and of potting media on growth and chemical composition of a *Phalaenopsis* hybrid. J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. 57:78-84. (in Japanese with English abstract)

Tung, H. T. 1980. New Orchid Culture. IV, N. F. publisher. 332 pp. Taipei.

Wang, Y. T., and L. L. Gregg. 1994. Medium and fertilizer affect the performance of *Phalaenopsis* orchids during two flowering cycles. Hortscience 29:269-271.

Wang, Y. T., and E. A. Konow. 2002. Fertilizer source and medium composition affect vegetative growth and mineral nutrition of a hybrid moth orchid. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 127:442-447.

Wang, Y. T. 1998. Impact of salinity and media on growth and flowering of a hybrid *Phalaenopsis* orchid. Hortscience 32(2):247-250.

Wu, G. D., W. H. Chen, J. B. Chen, M. S. Chyou, and Y. Y. Cheng. 1994. Effect of applying nitrogen and organic fertilizer to bagasse medium on growth of Phalaenopsis. Rep. Taiwan Sugar Res. Inst. 146:1-8. (in Chinese with English abstract)

行政院農業委員會農業試驗所 AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE 1895

Evaluation of Bark as a Growth Medium for Cultivation of *Phalaenopsis* orchids[1]

Keng-Heng Chang[2,3], Long-Ho Tsai[2], Rung-Yi Wu[2], Ting-En Dai[2] and Ting-Fang Hsieh[2]

Abstract

Chang K. H., L. H. Tsai, R. Y. Wu, T. E. Dai, and T. F. Hsieh. 2007. Evaluation of bark as a growth medium for cultivation of *Phalaenopsis* orchids. J. Taiwan Agric. Res. 56:237-252.

In order to evaluate the possibility of using the commercial bark imported from New Zealand for cultivation of *Phalaenopsis* seedlings, the physical and chemical properties of bark were investigated. Orchid (*Phal*. Sogo Yukidian) seedling growth under different combinations of culture media, fertilization frequency and nutrient solution concentrations also were tested in the screen house. The results showed that the pH value of the bark ranging from 5.0 to 6.12 was not significantly different from that of sphagnum moss. However the electric conductivity (EC) and water holding capacity of the bark was lower than those of sphagnum moss. The growth performance of *Phalaenopsis* seedlings in bark and various mixed media was inferior to those in sphagnum moss when commercial fertilization frequency and concentration of nutrient solution (1 time per 2 weeks with 667 mg L^{-1}) were applied. When bark and various mixed media for growth of *Phalaenopsis* were tested with various fertilization frequency and concentrations of nutrient solution (1 time per week with 667 mg L^{-1}, two times per week with 333 mg L^{-1} and 3 times per week with 222 mg L^{-1}), it was found that the growth performance of plants with 1 time per week with 667 mg L^{-1} fertilization was superior to others. Under this fertilization condition, the growth performance of plants grown in bark with various media was not significantly different from that of sphagnum moss with commercial fertilization frequency and concentration of nutrient solution (1 time per 2 weeks with 667 mg L^{-1}).

Key words: Bark, Sphagnum moss, *Phalaenopsis*, Fertigationfrequency, Nutrient solution concentration.

---

1. Contribution No.2298 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Accepted:August 31, 2007.
2. Respectively, Assistant researcher, Technician, Assistant Researcher, Associate Researcher, and Director and Senior Researcher, Floriculture Research Center, Agricultural Research Institute, COA, Yun Lin, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail:changheng@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (05)5820835.

台 灣 農 業 研 究 稿 約

一、本刊為行政院農業委員會農業試驗所發行之學術性季刊，刊登農業試驗研究相關之研究稿件：

論　　說：由本所邀請專家撰寫。

研究報告：關於農業科學未曾發表之研究報告，按題目、作者、摘要、前言、材料與方法、結果、討論、結論〈可略去〉、誌謝（可略去）、引用文獻等依序撰寫，圖與表附於其後，全文以不超過 10 印刷頁為原則。

研究簡報：關於農業科學未曾發表之簡短原始研究報告，不需分章節撰寫，但需附中英文摘要，全文以不超過 4 印刷頁為原則。

二、稿件應以中文或英文撰寫。來稿請送原稿及電子檔案各一份〈內各附照片原圖，繪製圖版可附原圖與影印圖片二份〉。文稿以 A4 大小之白色紙張（長 29.6 公分，寬 21 公分）兩倍行高 (double space) 打字，12 號字體，左邊對齊，版面應上下預留 3 公分，左右 2 公分之空間，並自第二頁起在右下角以阿拉伯數字註明頁數。撰寫時，中文以細明體、英文以 Times New Roman 字體打字；英文字距一格，句距二格。審查接受之稿件，隨文請附紙本文稿一份與電子檔案，以利電腦排版等作業。

三、稿件格式：

題　　目：宜簡短，能充分反應文旨，並附簡題 (Running title) 。英文題目除介系詞、連接詞等字外，每字第一字母應大寫。題目附小註，說明研究報告編號。

作　　者：作者姓名置中，中文名字間空一格；英文姓名則名在前姓氏在後，作者二人或二人以上時，以 “，” 相隔，最後一人前加 “and” 字樣，其表示方法如 Chen-Seng Huang, Chen-Chang Chen and Chyr-Guan Chen。每一作者需附小註，以說明所屬機關單位，通訊作者須附電子郵件信箱與傳真機號碼。題目與作者同置第一頁。

摘　　要：不分段落、宜簡潔明確。摘要之前應加作者、年代、題目、期刊、卷期及頁數，摘要之後應附關鍵詞 (Key words)，關鍵詞不超過五個，每個英文關鍵詞第一字母應大寫。摘要以不超過五百字為原則。以中〈英〉文發表者須附英〈中〉文摘要，置於本文之後，且內容須與中〈英〉文摘要相符，並附稿件編號、作者、通訊作者之小註。

本　　文：依序為前言 (INTRODUCTION)、材料與方法 (MATERIALS AND METHODS)、結果 (RESULTS)、討論(DISCUSSION)、結論(CONCLUSION)、誌謝(ACKNOWLEDGEMENTS)、引用文獻 (LITERATURE CITED)。除學名、專有名詞、化學式、數學公式、數字、度量衡單位及縮寫外，文句中不得中外文並用，須使用英（外）文以助明瞭時，須將英（外）文括號置於中文之後。材料與方法、結果兩部份如有必要須分章節，每一章節內並可再分小章節，以助明瞭文稿內容。章節題目 (heading) 單行置於該章節之前，小章節題目 (subheading) 直接置於小章節之首。

表　格：

1、每一表格應分別繕製，須以 word 中 “表格” 工具製作，上方須有標題，並按文中出現順序加上表 1 (Table 1.)，表 2 (Table 2.) 等冠號。

2、中文稿之表格標題應中英文並列，冠號與表幅齊頭，表內項目及內容以英文書寫。英文標題及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，餘均小寫。

3、表格應加分析、簡化與歸納後始可列表。每一表格應在文中標示清楚，以便對照。

4、表中內容如需說明，均須附加小註，以 z, y, x,…等縮小小寫字母置於右上角，並於表下依次敘述。表格僅列橫線。

5、性質類同之圖與表，務請精簡與合併。

圖　片：

1、圖版以黑色墨水分別繪圖紙或描繪紙（白色透明紙）上。如以電腦繪圖，請以鐳射印表機或同規格之印表機列印，力求清晰。

2、圖中加註者，應於圖中說明，或以括號註明於標題之後。

3、照片以光面紙爲原則，清晰度以縮小 50%可判讀爲宜。多幅照片儘量製成併版；如有特別指明，應加圈或箭頭表明。顯微照相，應加比例尺大小；照片大小以不超過版面 (25 cm × 18 cm) 爲宜。

4、圖版及照片下方應有標題（或另頁繕寫），並按文中出現的順序加上圖 1 (Fig.1)、圖 2 (Fig.2) 等冠號，

5、在文中須標示清楚，以便對照。中文稿應中英文併寫，力求明確。

6、除併圖外，每一圖片應單頁製作。

7、照片、圖片背面應註上冠號及作者姓名，以免排印錯誤。

誌　謝：不分段落，包括人物、經費來源等。誌謝可略去。

引用文獻：

1、引用文獻 (Literature cited) 一列舉確實曾引用之文獻。文獻以登載於學術性期刊、書籍、研討會之 文章及學位論文爲限。文中涉及引用文獻時，根據該文獻的作者與年代加以括號：如 (Sung 1991)、(Lo 1991，1992)、(Chen & Ho 1983)、(Sung 1991; Hsu *et al*. 1992) ，置於引用文處。

2、文獻須以英文撰寫，以姓名字母爲序。作者相同時以年代先後爲序。

3、文獻之書寫方法以期刊爲例，依序爲作者、年代、題目、期刊、卷期、頁數。

4、期刊名須用縮寫，縮寫方式參照美國出版之 “Serial Sources for the BIOSIS Previews Database” 規定。

5、文獻書寫範例如下：

(1) 原中文報告引用文獻出自學術性期刊

Hsu, S. H., T. Y. Chung, T. C. Kuo, and S. F. Wang. 1992. Studies on the micro-climate of greenhouse. I. Light environment of greenhouse. J. Agric. China 157:34-43. (in Chinese with English abstract).

(2) 原中文報告引用文獻出自著作性書籍

Sung, J. M. 1991. Nitrogen Metabolism of Rice. Chinese Agronomy Press, Taipei. 100 pp. (in Chinese).

(3) 原中文報告引用文獻出自編輯性書籍

Yang, C. M. and C. Y. Lin. 2003. Studies on rice precision farming system. p.1-12. *in*: Rice Precision Farming System. (Yang, C. M. and C. Y. Lin, eds.) Agric. Res. Inst. Pub. Taichung. (in Chinese with English abstract).

(4) 原中文報告引用文獻出自研討會專刊

Chang C. A. 2001. Application and extension of virus-free seedling for the control of virus diseases of passionfruit in Taiwan. p.31-38. *in* the Proceeding of Symposium on Application of Healthy Plant for Control of Plant Diseases. Taiwan Phytopathol. Soc. Pub. Taichung. (in Chinese with English abstract).

四、單位、縮寫格式、括號及統計分析

1. 所有度量衡均採公制，數量如用中〈英〉文數字，單位以中〈英〉文全名表示；數量如用阿拉伯數字，單位以 SI units 爲準，如一公尺 (one meter, 1 m) 、二公克(two grams, 2 g) 、三公升 (three liters, 3 L) 、四毫升 (four milliliters, 4 mL) 。各常用之縮寫單位參照說明如下：

(1)長度：公里 (km)、公尺 (m)、公分〈=厘米〉(cm)、公釐〈=毫米〉(mm)、微米 (µm)。

(2)重量 (W)：公斤 (kg)、公克 (g)、µg。

(3)容積 (V)：公升 (L)、公撮〈=毫升〉(mL)、µl。

2. 溫度：攝氏（℃）、絕對溫度（K，但須加以說明）。
3. 時間：年（yr）、月（mo）、週（wk）、日〈天〉(day, days)、時（hr）、分（min）、秒（sec）。
4. 濃度：莫耳（M）、千分之一莫耳（mM）、當量（N）、千分之一當量（mN）。
5. 重力加速度：*g*。
6. 其他之縮寫：平均（*av*）、大約（*ca*）、直徑（diam.）。
7. 括號：括號內文為西文者，使用半形括號 ( )，括號前後各空一格；括號內文為中文或日文者，使用全形括號（ ），前後不空格。
8. 統計分析：達顯著性水準以*、**或處理間顯著差異區分，以 a、b、c、…表示者均應加註顯著機率值 *P*〈例如 $P<0.01$〉；各統計量請採慣用符號，例如相關係數（*r*）、決定係數（R）、變異係數（cv）、標準機差（se）等。

五、生物學名以斜體字表示，屬名第一字母大寫。學名於摘要、本文、每一圖表中第一次出現時，須寫全名，如 *Citrus sinensis*；第二次出現時，屬名保留第一字母後加句點 “.”，種名全寫，如 *C. sinensis*。生物學名於本文中首次出現時應加註命名者。

六、稿件內容務須依照上列規定格式書寫，本期刊編輯委員保有修改與退稿之權利。文稿經本期刊接受後，作者得送含文稿內容之磁片或電子檔案（IBM 相容電腦之文書管理檔，如 Word 檔或其他），並由作者負責前二校。除筆誤與錯字外，作者在校稿時，不得擅自更改內容與數據。

七、投稿本期刊之稿件，不得投稿其他刊物。稿件經本期刊接受後，刊登權屬農試所所有，非經本所書面同意，不得轉載或移轉他處發表。

八、來稿經編審委員會審查合格後刊登，由本刊印贈抽印本 50 本；彩色頁印刷及抽印本加印費用由投稿人自行負擔。

九、其他未盡事宜本期刊得隨時修正或補充。

台 灣 農 業 研 究

（原中華農業研究）

第五十六卷　第三期

中華民國九十六年九月出版

發行人：林俊義

總編輯：安寶貞

主　編：方尚仁　黃淑華　蕭淑芬　楊舜臣

編審委員：

生技組：吳明哲（主審）

作物組：歐錫坤（主審）
呂秀英　黃肇家　楊純明　劉新裕
施昭彰　徐信次　劉政道

農化組：廖慶樑（主審）
郭鴻裕　簡宣裕

植病組：張清安（主審）
安寶貞　蔡武雄　鄧汀欽　謝廷芳

應動組：王清玲（主審）
陳炳輝　陳健忠　鄭　允　溫宏治

農工組：蔡致榮（主審）
黃禮棟　梁連勝

種原組：黃勝忠（主審）

農經組：潘德芳（主審）

另聘請各大學院校及研究機關相關學者專家擔任審查委員

Vol. 56, No. 3 Sep. 2007

JOURNAL
OF
TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH
(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

PUBLISHER: Lin, Chien-Yih

EDITOR IN CHIEF: Ann, Pao-Jen

EDITORS:

Fang, Shan-Jen　Huang, Shu-Hua　Shiau, Shu-Fen　Yang, Shen-Chen

EDITORIAL BOARD:

Chang, Chin-An (Plant Pathology)
Huang, Sheng-Chung (Crop Genetic Resources)
Liaw, Ching-Liang (Agriculture Chemistry)
Ou, Shyi-Kuan (Crop Science)
Pan, Te-Fang (Agriculture Economics)
Tsay, Jyh-Rong (Agriculture Engineering)
Wang, Chin-Ling (Applied Zoology)
Wu, Min-Tze (Biotechnology)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Chen, Bing-Huei　Chen, Chien-Chung　Cheng, Edward Yun
Chien, Shiuah-Yuh　Deng, Ting-Chin　Guo, Horng-Yuh
Hsieh, Ting-Feng　Hsu, Hsin-Tszu　Huang, Chao-Chia
Huarng, Li-Duhng　Liang, Lien-Sheng　Liou, Tsung-Dao
Liu, Sin-Yie　Lu, Hsiu-Ying　Shih, Jau-Chang
Tsai, Wu-Hsiung　Wen, Hung-Chich　Yang, Chwen-Ming

※Reviewers of the related fields are also invited from universities and other research organizations

台灣農業研究第五十六卷第三期

出 版 者：行政院農業委員會農業試驗所

發 行 人：林俊義

總 編 輯：安寶貞

地　　址：台中縣霧峰鄉萬豐村中正路一八九號

網　　址：htpp://www.tari.gov.tw

電　　話：(04)2330-2301～5

印 製 者：采京藝術印刷有限公司

地　　址：台中市西屯區河南路二段二六二號十三樓之九

電　　話：(04)2452-7929

出版日期：九十六年九月三十一日

展 售 處：國定書坊台視總店　105台北市八德路三段10號

電話：(02)2578-1515

網址：http://www.govbooks.com.tw

五南文化廣場　400台中市中山路6號

電話：(04)2226-0330

Sep, 2007

Journal of Taiwan Agricultural Research

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

Vol. 56, No.3

Research Reports

Studies on Small Model Area-wide Control of the Oriental Fruit Fly for Wax Apple in Taiwan
Ming-Yao Chiang, Ching-Hua Kao, Yu-Bing Huang, Edward Y. Cheng and Mu-Chuan Lee 153

Effect of Fertilizer Treatments on Rhizome Yield and Curcumin Content of Turmeric
Ruei-Lung Kao, Jih-Zu Yu, Chiling Chen, Yahn-Chir Lee, Chien-Liang Chu, Ting-Fang Hsieh and Min-Fu Hu....................165

Microsatellites as DNA Markers in Taiwan Cultivated Peanut
Jen-Ren Chen, Kin-Hsing Yang, Tung-Hai Tseng, Toong-Long Jeng and Min-Tze Wu....................176

Effects of Cooking Methods and Rehydration on the Chemical Composition and Texture of Peanut
Shwu-Jene Tsai, Tsung-Yen Wu, King-Hsing Yang, Huey-Ing Liu and Ching-Liang Liaw...189

The Effects of Controlled Atmosphere Storage on the Quality of Late Harvest Annual-Grafting 'Shinko' Pear Fruits
Chao-Chia Huang, Huei-Suei Huang, Chin-Yu Tsai and Su-Jein Chang....................206

Musa balbisiana L. A. Colla, A Newly Naturalized Wild Banana in Taiwan
Hui-Lung Chiu, Shu-Inn Lee, Ching-Long Yeh, Chou-Tou Shii and Chuan-Rong Yeh...215

Use of Chlorophyll Fluorescence for Estimating Leaf Photosynthesis of Crops
Ming-Hwi Yao, Shou-Hung Chen and Kung-Shy Chi....................224

Evaluation of Bark as a Growth Medium for Cultivation of *Phalaenopsis* orchids
Keng-Heng Chang, Long-Ho Tsai, Rung-Yi Wu, Ting-En Dai and Ting-Fang Hsieh........237

Published by The Taiwan Agricultural Research Institute,
Council of Agriculture Taichung, Taiwan, Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版臺省誌字第二九八號 中華郵政中臺字第〇三〇九登記為雜誌交寄

ISSN 0022-4847

GPN 2009500560

定價：新台幣一七五元